FONDO PIZZOFALCONE

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio XXV

Palchetto 8

Num.° d' ordine 113

31111

NAZIONALE
B. Prov.
I
1373
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III
NAPOLI

4 D 39

12792

B. Prov.

I

1373

Digitized by Google

ENCYCLOPEDIE-RORET.

GALVANOPLASTIE

ET

DAGUERRÉOTYPIE.

AVIS.

Le mérite des ouvrages de l'*Encyclopédie-Roret* leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume, il portera, à l'avenir, la signature de l'Editeur.

607·561

MANUELS-RORET.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE

GALVANOPLASTIE,

OU

ÉLÉMENTS D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE,

CONTENANT L'ART DE TRAVAILLER LES MÉTAUX A L'AIDE DU FLUIDE GALVANIQUE, POUR DORER, ARGENTER, PLATINER, CUIVRER, ETC., ETC.;

Par M. **SMEE.**

Augmenté d'un grand nombre de notes d'après MM. JACOBY, SPENCER, BECQUEREL, DE KOBELL, DE LA RIVE, ELKINGTON, DE RUOLZ, etc.

SUIVI

D'UN TRAITÉ DE DAGUERRÉOTYPIE,

CONTENANT TOUS LES PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS A CET ART, DEPUIS SON ORIGINE JUSQU'A CE JOUR,

D'après MM. LEREBOURS, CH. CHEVALIER, BURON, etc.

Ouvrage publié par **E. de VALICOURT,** et orné de Figures.

NOUVELLE ÉDITION,

ENTIÈREMENT REFONDUE

ET MISE AU COURANT DE TOUTES LES DÉCOUVERTES NOUVELLES.

Cuique suum....

PARIS,

A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,

RUE HAUTEFEUILLE, 10 BIS.

1845.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" - NAPOLI

BIBLIOTECA PROVINCIALE NAPOLI

Digitized by Google

AVERTISSEMENT.

La découverte de la Galvanoplastie est, sans contredit, une des plus importantes qui aient été faites dans notre siècle si fécond en découvertes. Elle lui appartient en propre, puisqu'elle n'est qu'une déduction raisonnée des lois de la chimie, science toute contemporaine.

Cette admirable invention semble, en quelque sorte, avoir réalisé tout ce qu'il y avait de possible dans ces brillants rêves de la pierre philosophale, de la transmutation des métaux, objets des chimériques recherches des Alchimistes et des Hermétiques des siècles passés. Et, s'il est vrai que la science n'a point encore trouvé le dangereux secret de faire de l'or, on peut dire qu'elle a fait une conquête bien autrement précieuse pour l'humanité, en créant la Galvanoplastie. Cette science, encore toute nouvelle, a déjà atteint, dès son début, à des résultats immenses; et l'avenir qui lui est réservé est incalculable.

Grâce à l'extrême simplicité des procédés *électro-métallurgiques*, les chefs-d'œuvre de la sculpture, de la ciselure et de la gravure, reproduits à un nombre infini d'exemplaires, et devenus ainsi populaires, pourront désormais braver les atteintes du temps et la main non moins destructive de l'homme. Sous ce premier rapport, la Galvanoplastie est à la sculpture et à l'art, en général, ce que l'imprimerie est à la pensée humaine. Mais ce n'est pas seulement à reproduire des objets d'art que se bornent ses applications, elle vient encore apporter de nouveaux perfectionnements à l'art déjà si avancé de la typographie. Enfin, sous une forme plus modeste et non moins utile, la Galvanoplastie peut encore subvenir à nos besoins les plus usuels. C'est par elle qu'une foule d'objets ou d'ustensiles, composés des métaux les plus communs et facilement oxydables, ou même de corps non métalliques, pourront être recouverts d'une couche mince ou épaisse, à volonté, d'un métal précieux et inaltéra-

ble, et n'auront plus à craindre les dégradations et l'oxydation si fréquentes sous notre ciel brumeux et humide.

Ainsi qu'on le voit, la Galvanoplastie se rattache à un grand nombre d'arts, et le champ le plus vaste lui est ouvert. Comment se fait-il donc qu'en France, où les arts chimiques ont toujours été cultivés avec tant de succès, la Galvanoplastie n'ait encore été l'objet d'aucune publication? Notre pays, qui s'énorgueillit à juste titre d'avoir produit les Lavoisier, les Thénard, les Gay-Lussac, les Daguerre, aurait-il donc accueilli avec indifférence la plus belle découverte dont s'honore la chimie moderne? Nous ne le pensons pas; mais c'est avec regret que nous signalerons les motifs de ce silence des publicistes français.

Il faut bien le dire, une sorte de fièvre d'*industrialisme* semble s'être emparée de notre époque; chacun se croit appelé à aller à la fortune par l'industrie; et loin d'être animés par l'amour du bien public et du progrès de la science, tous les efforts, toutes les recherches sont dirigés dans un but de spéculation et d'intérêt privé. Il est fâcheux que le gouvernement soit venu trop longtemps en aide à ces tendances mercantiles, en accordant avec une scandaleuse facilité des brevets d'invention pour les objets les plus futiles (1). Et, comme s'il n'était pas encore assez facile d'arriver au brevet d'invention, l'appât des brevets de perfectionnement reste toujours offert à toutes les médiocrités scientifiques et artistiques.

Dès-lors, on conçoit facilement que, dans le but d'obtenir l'un ou l'autre brevet, toutes les découvertes qui se rattachent soit à la création, soit au perfectionnement d'un art nouveau, soient tenues secrètes, puisqu'elles ont pour objet la spéculation.

Tel a été le sort de la Galvanoplastie. MM. Jacoby, de la Rive, Spencer, qui, après Brugnatelli, peuvent revendiquer concurremment la gloire de cette découverte, s'empressèrent, avec une loyauté et un désintéressement qui leur font honneur, de rendre publics leurs procédés. Mais aussitôt la foule des frelons in-

(1) Il suffira de citer les briquets, les allumettes, les veilleuses, les roquetiers caléfacteurs et autres inventions de cette importance.

dustriels se rua avec avidité sur cette nouvelle mine à exploiter ; chacun se mit à l'œuvre avec mystère, déguisant avec le plus grand soin sa manière d'opérer (1). Il en résulte qu'aujourd'hui, en France, les procédés de la Galvanoplastie sont encore aussi peu connus qu'à son début.

Mais, après avoir signalé l'absence d'un traité de Galvanoplastie, notre devoir était de suppléer à cette lacune (2).

Intimement persuadé que l'industrie bien entendue n'a rien à redouter de la publicité, et que la publication d'une découverte en amène bientôt cent autres, nous croyons rendre un véritable service au public français, en lui donnant une traduction fidèle de l'ouvrage publié à Londres par M. Smee, chirurgien de la banque d'Angleterre.

Aussi habile chimiste qu'infatigable expérimentateur, M. Smee s'est livré avec une rare persévérance à de nombreuses recherches, à une foule de manipulations qui, presque toujours, ont été couronnées de succès. C'est à lui que nous devons le premier exposé méthodique qu'on ait fait des lois qui président à la réduction des métaux par l'agent électrique. Il conduit, pour ainsi dire, le lecteur pas à pas à travers les sentiers, hérissés souvent de difficultés, qu'il a lui-même parcourus, et qui l'ont enfin amené à des résultats certains. L'aveu même de son impuissance, dans quelques cas, évitera de longs et inutiles tâtonnements aux personnes qui se livrent à l'étude et au perfectionnement de l'électro-métallurgie, ou leur signalera quelques-uns des problèmes qui restent à résoudre. En un mot, si M. Smee n'a point inventé la Galvanoplastie, il a du moins le mérite de l'avoir enrichie d'un grand nombre de faits nouveaux, et son ouvrage, en reproduisant toutes les découvertes de MM. Spencer et Jacoby, fait connaître en même temps toutes celles qui lui sont propres.

(1) Nous sommes heureux de pouvoir citer le nom de M. de Ruolz, comme une honorable exception à ce qui vient d'être dit.

(2) Depuis la publication de la première édition de cet ouvrage, le docteur Fau a publié un traité de Galvanoplastie fort intéressant, mais malheureusement trop peu étendu.

Quelques personnes, les gens du monde surtout, reprocheront peut-être à M. Smee de s'être trop étendu sur la théorie du galvanisme, et d'avoir décrit avec de longs développements les différents appareils voltaïques. Nous pensons, au contraire, qu'il a ainsi acquis un nouveau titre à la reconnaissance publique. Quelque surprenants, en effet, que soient les résultats déjà obtenus par la Galvanoplastie, il ne faut pas oublier que l'art de réduire les métaux est encore dans son enfance; un vaste champ reste donc ouvert à tous ceux qui voudront faire de nouvelles recherches, et se livrer à de nouvelles expériences; mais, pour que ces recherches soient faites utilement, pour éviter des expériences qui auraient lieu en pure perte, il faut qu'elles soient éclairées par une sage théorie. Dès-lors une connaissance approfondie des lois du galvanisme est nécessaire aux expérimentateurs. Et, sous ce rapport encore, ils trouveront un excellent maître dans M. Smee. Il pose avec méthode et clarté les règles fondamentales du galvanisme, et il n'énonce aucun fait qu'il n'ait vérifié par lui-même. Son livre est donc à la fois un guide sûr pour arriver à de nouvelles découvertes, et pour reproduire les résultats déjà obtenus.

D'autres personnes seront sans doute étonnées de voir paraître un traité de Galvanoplastie sans qu'il se recommande par le nom et l'autorité de MM. Spencer et Jacoby. Nous leur répondrons que rarement ceux qui découvrent un art nouveau, le portent eux-mêmes à la perfection; c'est en effet dans la pratique que l'on reconnaît une foule d'avantages à adopter, ou d'inconvénients à éviter, pour arriver au perfectionnement. On conçoit donc que ces rares génies auxquels il est donné de reculer les bornes de la science, satisfaits d'avoir mis au jour une invention nouvelle, négligent souvent d'en déduire toutes les conséquences, occupés qu'ils sont de se livrer à de nouvelles recherches utiles à l'humanité.

Mais si les publications de MM. Jacoby et Spencer étaient incomplètes quant à la pratique, elles ont reçu dans l'ouvrage de M. Smee le complément qui leur était nécessaire sous ce rapport. On y trouvera la manière

de réduire toutes les espèces de métaux, et aucune des applications pratiques de la Galvanoplastie n'a été omise par lui.

Toutefois, pour rendre notre travail aussi complet que possible, et pour ne rien laisser à désirer à nos lecteurs, nous avons recueilli dans un *Appendice* placé à la suite de l'ouvrage de M. Smee, tous les documents qui ont été publiés sur la Galvanoplastie tant en France qu'à l'Étranger. Cette partie de notre travail a été pour nous l'objet d'un soin tout particulier; nous avons, pour cela, compulsé tous les journaux scientifiques et industriels, notamment l'excellent recueil mensuel, *le Technologiste*, publié par M. F. Malepeyre (1), et les intéressantes publications récemment faites par M. Becquerel.

Nous avons cru devoir conserver scrupuleusement l'ordre de numérotation adopté par M. Smee, parce que nous le regardons comme une condition essentielle de méthode et de clarté; dans un traité didactique. Toutes les fois que nos opinions seront en contradiction avec celles de l'auteur, ou que ses idées nous paraîtront exprimées d'une manière incomplète, nous ajouterons des notes qui, sans rien déranger à la symétrie de l'ouvrage, auront pour but soit d'éclaircir le texte, soit de compléter la pensée de l'auteur en en déduisant toutes les conséquences.

Ainsi qu'on le verra dans le courant de cet ouvrage, la Galvanoplastie et l'admirable découverte de M. Daguerre ont ensemble plus d'un rapport, et sont destinées à se prêter un mutuel secours. Nous avons donc cru faire un véritable plaisir à nos lecteurs en complé-

(1) *Le Technologiste*, ou *Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère*, publié par une Société de savants et de praticiens, sous la direction de M. MALEPEYRE. Ouvrage utile aux manufacturiers, aux fabricants, aux chefs d'ateliers, aux ingénieurs, aux mécaniciens, aux artistes, etc., etc., et à toutes les personnes qui s'occupent d'arts industriels. Prix : 18 fr. par an pour Paris, et 21 fr. pour la province.

Chaque mois il paraît un cahier de 48 pages in-8 grand format, renfermant des figures en grande quantité, gravées sur bois et sur acier. Paris, à la *Librairie-Encyclopédique de* RORET, rue Hautefeuille, No 10 bis.

tant le Manuel de Galvanoplastie par la publication de toutes les découvertes nouvelles qui se rattachent à la Photographie. Déjà, dans la dernière édition du *Manuel de Chimie amusante*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*, les procédés du Daguerréotype ont été décrits avec une certaine étendue; mais depuis la publication de ce manuel, un grand nombre de procédés nouveaux et d'améliorations, destinés à amener d'immenses résultats, ont été adoptés dans la Photographie. Nous les ferons connaître à nos lecteurs, en réservant à chacun la part qui lui revient dans ces différentes découvertes.

C'est pour nous un devoir de remercier le public de l'accueil bienveillant qu'il a bien voulu faire à cet ouvrage, malgré les quelques imperfections inséparables d'un travail rapide. Le succès inespéré de la première édition, tirée à plusieurs milliers d'exemplaires, et cependant épuisée en si peu de temps, est plus que suffisant pour nous consoler de quelques critiques isolées, perdues dans l'oubli d'un recueil ignoré, et motivées, l'auteur a la naïveté de le dire lui-même, sur ce que *son nom n'a pas même été prononcé dans notre publication.*

Quoique ces critiques laissent quelque chose à désirer sous le rapport de l'urbanité, nous aurions mauvaise grâce à nous en plaindre, puisque, par une faveur dont nous nous reconnaissons indigne, et à laquelle nous n'aurions jamais osé aspirer, notre nom se trouve associé, dans cette vaste distribution d'invectives, à celui des Jacoby, des Spencer, des Elkington, des Smee, des Ruolz, sans oublier MM. Sorel, Deleuil, Charrière, Soyez, etc. etc.

Nous ne ferons pas encore cette fois à cet inventeur posthume le plaisir de le nommer, c'est le meilleur moyen de punir ceux qui visent à l'*Erostratisme*. Nous ne lui répondrons même pas, parce que ces sortes de querelles n'intéressent nullement le public, plus avide d'instruction que de polémique. Nous nous bornerons à engager le critique à compléter sa collection de brevets, en y ajoutant un brevet de politesse.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE

GALVANOPLASTIE.

HISTOIRE

DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE.

Nous n'avons point à pousser nos investigations jusque dans l'antiquité pour tracer l'histoire de cet art qui consiste à mettre en œuvre les métaux a l'aide du fluide galvanique; car on peut dire avec raison que sa découverte appartient exclusivement au XIXe siècle. Cependant, si on dirige ses recherches dans le but d'en connaître l'histoire, on voit que son origine n'est pas soudaine, et, qu'à différentes époques, la galvanoplastie s'est successivement enrichie de nouveaux faits. Brugnatelli, chimiste de Pavie, paraît être le premier qui ait remarqué le phénomène de la réduction des métaux par l'action d'un courant électrique. Plusieurs essais de dorure qu'il fit à une époque presque contemporaine de la découverte de Volta, et dont il publia alors le résultat, démontrent qu'il avait déjà obtenu quelque succès dans cette carrière nouvelle (1). Toutefois, la découverte de Brugnatelli demeura ensevelie pendant de longues années dans la poudre de quelques recueils scientifiques italiens, et il se trouve ici une grande lacune dans l'histoire de l'Electro-métallurgie. Cependant elle

(1) Voyez *Journal de Chimie*, de Van Mons, 1803, page 357. — *Annales de Chimie*, recueillies par Brugnatelli, tome XXII, page 22, Pavie, 1805. — *Bibliothèque de Campagna*, tome X, page 185, Milan, 1807.

ne pouvait pas être perdue pour la science, et nous verrons que plusieurs années après, elle devait retrouver une nouvelle vie entre les mains de plusieurs savants qui n'avaient pas même dû connaître les travaux de Brugnatelli. On peut croire avec raison que l'Electro-métallurgie dut sa renaissance à la découverte de la pile à effets constants, du professeur Daniell, pile dans laquelle le cuivre est toujours réduit au pôle négatif. Ce savant, lorsqu'il fit sa première expérience, remarqua, en enlevant un fragment de cuivre qui s'était déposé sur un électrode de platine, que des éraillures de ce dernier métal s'étaient fidèlement empreintes sur le cuivre. Telle est, sans doute, l'origine de l'électrotypie; mais comme l'auteur avait dirigé toute son attention sur la construction de la pile elle-même, il ne paraît pas s'être suffisamment préoccupé de ce fait important.

Peu de temps après la découverte de cette pile, M. De la Rive fit des expériences sur ses propriétés; et dans un article publié par le *Magasin philosophique*, après la description d'une forme particulière de pile à laquelle il donne la préférence, on remarque le passage suivant : « La plaque de cuivre est également recouverte d'une couche de cuivre à l'état métallique, qui y est incessamment déposé par molécules, et telle est la perfection de la feuille de métal ainsi formée, que lorsqu'elle est enlevée, elle offre une copie fidèle de chaque éraillure de la plaque métallique sur laquelle elle reposait. » L'article dont nous extrayons ce passage semble n'avoir pas attiré l'attention : et ce qui paraîtra encore plus singulier, l'auteur, quoique ses titres scientifiques le rendissent éminemment propre à mettre ces faits en application, ne songea point aux résultats pratiques auxquels cette expérience pouvait conduire.

Ainsi qu'on le voit par ce qui précède, l'idée mère, le fait primitif qui sert de base à la galvanoplastie, avait été constaté depuis longtemps, mais de la connaissance de fait à son application aux arts industriels, il y avait encore un pas immense.

Les choses étaient en cet état, lorsqu'en octobre 1838, le professeur Jacobi, de Saint-Pétersbourg, annonça qu'il pouvait appliquer la réduction du cuivre aux besoins des arts et de l'industrie. Son procédé reçut le nom de *Galvanoplastie*.

Immédiatement après la publication de cette découverte, en Angleterre (année 1839), M. Spencer prétendit avoir exécuté quelques médailles en cuivre qui reçurent le nom d'*électrotypes* ou *voltaïtypes*. L'appareil dont il se servait était une

simple pile de Daniell. Il employa tour à tour différents métaux comme modèles, pour y recevoir le dépôt métallique; mais il ne paraît pas avoir réussi dans l'emploi des substances non-conductrices.

Ainsi, jusque là, la galvanoplastie de Jacobi et de Spencer n'était que l'application du fait dès longtemps entrevu par Daniell, mentionné par De la Rive, et observé par une foule d'autres personnes. Sans aucun doute, Jacobi et Spencer peuvent revendiquer l'honneur d'avoir, les premiers, amené la galvanoplastie à des résultats pratiques, mais, jusque là, les applications de ce nouvel art étaient fort restreintes. En effet, Jacobi et Spencer n'opéraient que sur le cuivre seulement; et tout en leur laissant le mérite incontestable de l'idée première de la galvanoplastie, nous verrons que d'autres, en approfondissant ce sujet, trouvèrent bientôt que la plupart des métaux sont soumis aux mêmes lois de réduction que le cuivre.

Mais une découverte qui contribua au plus haut degré à propager la galvanoplastie dès son origine, est celle qu'on doit à M. Murray. Il remarqua que les corps non conducteurs pouvaient néanmoins recevoir un dépôt métallique, si l'on avait soin de les recouvrir préalablement d'une couche de plombagine. Ce procédé joint à une extrême simplicité une grande perfection. La première application en fut faite en janvier 1840; mais il est à regretter que l'auteur n'en ait pas étendu l'application, et qu'il n'ait pas publié ses recherches. Il se contenta de communiquer verbalement sa méthode dans des conversations qui eurent lieu à l'Institution royale, mais elle ne fut point publiée par la voie de la presse. Néanmoins toutes les recherches dirigées dans le but de connaître celui qui peut revendiquer la priorité dans l'emploi de la plombagine, s'accordent avec le témoignage de plusieurs autorités, pour en attribuer le mérite à M. Murray. Cette découverte lui appartient donc en propre; et, nous le répétons, on ne saurait lui accorder trop d'importance; les résultats obtenus par l'emploi de la plombagine sont immenses et incontestables, quoique quelques personnes aient nié son efficacité.

D'autres auteurs, comme MM. Solly et Spencer, ont imaginé plus tard des procédés pour obtenir sur des corps non conducteurs une couche métallique propre à recevoir le métal réduit; mais ces procédés, longs, dispendieux et difficiles, sont de beaucoup inférieurs sous tous les rapports à celui de M. Murray.

Les premiers essais que l'on fit des substances non conductrices, furent d'abord tentés avec des modèles de plâtre que l'on revêtait d'une couche métallique, soit en y appliquant une feuille d'or, soit en les enduisant d'une solution d'un sel métallique ramené ensuite à l'état de métal, au moyen de divers agents chimiques. Il en résultait un double inconvénient : d'abord l'application d'une couche de métal, quelque mince, quelque bien répartie qu'elle fût, sur le plâtre, altérait inévitablement les finesses de la gravure; mais, en outre, l'extrême porosité du plâtre, sa faculté absorbante avaient pour effet de désagréger ses molécules, lorsqu'on le plongeait dans un liquide, et le modèle une fois altéré, il en résultait nécessairement une copie informe. Ces inconvénients auraient fait abandonner l'usage du plâtre pour les modèles galvanoplastiques, si M. Smee n'avait eu l'heureuse idée d'employer les moyens connus de tous les mouleurs, pour rendre le plâtre non absorbant (1). Grâce à cette ingénieuse application, le plâtre, à cause de son extrême facilité à prendre exactement les formes les plus délicates, sera employé presque exclusivement pour les modèles galvanoplastiques. On doit encore à M. Smee de grands perfectionnements dans la manière d'obtenir les modèles en cire et en résine. Enfin, pour ne rien omettre de ce qui concerne les modèles, nous devons mentionner ceux en alliage fusible, obtenus par la méthode du docteur Boettger, et les différents modes de clichage, soit par compression, soit par percussion, soit enfin par fusion. Ces derniers procédés sont décrits dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

La galvanoplastie une fois lancée dans le domaine public, l'impulsion fut générale, les savants, les industriels de tous les pays s'en occupèrent, et tous leurs efforts furent dirigés dans le but d'étendre les applications dont ce nouvel art est susceptible. Une des premières à laquelle ils songèrent, fut d'employer l'agent galvanique comme moyen de dorure dans les différentes professions où cette opération est usitée. Une pareille découverte devait avoir un résultat immense pour le bien de l'humanité, puisqu'elle tendait à supprimer l'ancien mode de dorure par la voie du mercure, dont les émanations

(1) Ces moyens sont décrits avec de grands détails dans la deuxième édition du *Manuel du Mouleur en médailles*, qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*. Et maintenant que le moulage du plâtre est appelé à jouer un grand rôle dans la galvanoplastie, cet ouvrage est indispensable à tous ceux qui veulent obtenir des modèles d'une grande pureté.

sont si nuisibles à la santé des ouvriers. Aussi, dès l'origine de la galvanoplastie, un grand nombre d'expérimentateurs se mirent à l'œuvre pour trouver un procédé de dorure galvanique.

M. De la Rive (1), professeur à Genève, paraît être le premier qui ait fait connaître un moyen de dorure par l'électricité. Mais son procédé avait plusieurs inconvénients : la couche d'or dont il parvenait à recouvrir les objets, paraissait trop mince, et offrait peu de solidité et d'adhérence. Il y avait en outre, pendant l'opération, une notable déperdition d'or qui rendait ce moyen fort dispendieux. Enfin, M. De la Rive, de son propre aveu, n'avait pas réussi à dorer le fer ni l'acier.

Peu de temps après, le professeur Boettger, de Francfort, publia un procédé de dorure déjà plus parfait, puisqu'il parvenait à dorer le fer et l'acier, mais il avait échoué sur le cuivre et sur l'étain.

M. Elsner répéta plus tard les expériences de MM. De la Rive et Boettger, en indiquant quelques modifications à apporter soit aux appareils, soit aux dissolutions employées, pour obtenir un bon résultat. Néanmoins, dans les conclusions de son mémoire, M. Elsner émet l'opinion que les procédés de dorure galvanique, connus jusqu'à ce jour, sont insuffisants pour remplacer la dorure au mercure dans l'industrie manufacturière.

Au mois d'août 1840, M. Smee fit faire un pas immense à la question; il découvrit un procédé au moyen duquel l'or peut désormais être appliqué en couches aussi minces ou aussi épaisses qu'on le désire. Le platine, le palladium et autres métaux, peuvent également être réduits par sa méthode, sous la forme métallique. C'est à lui, en un mot, que la science est redevable de la possibilité de réduire tous les métaux, parce qu'il a le premier découvert et appliqué les lois qui régissent la précipitation de tous les corps métalliques.

Quoi qu'il en soit, et malgré la supériorité évidente du procédé de dorure de M. Smee sur tous ceux de ses devanciers, le problème n'était pas encore résolu; car, pour substituer la dorure galvanique aux anciennes méthodes, il fallait réaliser les conditions suivantes :

1. Dorer tous les métaux employés dans les arts;

(1) M. De la Rive vient en effet d'obtenir une portion du prix proposé par l'Académie à l'auteur d'un procédé de dorure sans mercure; l'autre portion de ce prix a été dévolue à MM. Elkington et de Ruolz.

2. Dorer des pièces de toutes formes et de toutes dimensions ;

3. Dorer le mat et le poli, et donner toutes les teintes que demande le commerce ;

4. Dorer à toutes les épaisseurs voulues ;

Enfin, obtenir une économie notable sur les anciens procédés, sans rien perdre en éclat et en solidité.

Au mois de décembre 1840, MM. Elkington et de Ruolz prirent, chacun de leur côté, un brevet d'invention pour la découverte d'un procédé de dorure galvanique applicable à tous les cas, et répondant à toutes les exigences.

L'Académie royale des sciences, appelée à donner son avis sur ces deux derniers procédés, reconnut que celui de M. de Ruolz, surtout, réunissait une grande perfection à une extrême simplicité et à une notable économie. On peut donc désormais considérer la dorure galvanique comme acquise à l'industrie (1). Mais les procédés de M. de Ruolz ne se bornent pas à la dorure de tous les métaux, ils s'étendent encore à leur argenture, à leur platinure, leur cuivrage, leur étamage, leur zincage, etc., etc.

Les expériences de M. de Ruolz furent vérifiées et confirmées par Elsner, qui apporta quelques modifications dans la composition des bains d'or (2).

Après avoir recherché l'origine et les progrès de la dorure galvanique, jetons un coup-d'œil rapide sur les diverses autres applications successivement données à la galvanoplastie.

Nous avons déjà dit que les premiers travaux de MM. Spencer et Jacobi, lorsqu'ils découvrirent simultanément la galvanoplastie, avaient eu pour objet la reproduction des médailles, cachets, timbres, bas-reliefs et autres objets d'art. Considérée sous ce rapport, on peut dire que, dès sa naissance, la galvanoplastie a atteint à la perfection, et que ses résultats ne laissent plus rien à désirer. En effet, rien n'est comparable à la fidélité de reproduction, à la parfaite identité des empreintes obtenues par le procédé galvanique. Cette exactitude est même telle qu'on peut craindre qu'elle ne soit exploitée frauduleusement par d'habiles faussaires dans l'intérêt de leur coupable industrie. On peut donc dire, dès à présent, qu'une grande révolution s'est opérée dans la numismatique. Les médailles précieuses, les types curieux de pierres gravées, ne

(1) Nous donnons dans l'Appendice la description des procédés de MM. Elkington et de Ruolz, et le rapport de l'Académie des sciences.

(2) Voyez le *Manuel de Dorure et d'Argenture galvaniques*, de l'*Encyclopédie-Roret*.

seront plus désormais le partage exclusif de quelques riches amateurs. Leurs copies, multipliées à l'infini par la galvanoplastie, seront à jamais à l'épreuve de la destruction, et la modicité de leur prix les mettra à la portée de toutes les fortunes. Cette popularité, désormais acquise à toutes les œuvres de la ciselure ancienne et moderne, sera d'un grand secours pour les études historiques; mais, en fécondant le génie des artistes, elle est aussi appelée à exercer une immense influence sur la perfection de l'art.

Le problème de la reproduction des médailles une fois résolu, on entreprit de recouvrir d'une couche de cuivre les statuettes, bas-reliefs et ornements en plâtre, destinés à l'embellissement ou à la décoration de nos appartements. Mais les premiers essais qui furent tentés n'eurent pas de succès. On était alors arrêté par deux obstacles qu'on est parvenu à surmonter depuis: la porosité du plâtre et sa propriété non conductrice. Aujourd'hui, la possibilité de revêtir d'une couche d'un métal, et surtout de cuivre, tous les objets, soit en plâtre, soit en autre matière non conductrice, est un fait acquis à la science et à l'industrie.

La gravure est peut-être, de tous les arts, celui qui pourra tirer le plus grand parti de la galvanoplastie. En effet, la possibilité de reproduire en cuivre, à un nombre infini d'exemplaires et avec la plus scrupuleuse exactitude, les planches gravées en acier, en cuivre et même en bois, soit en creux, soit en relief, doit avoir la plus grande influence sur l'avenir de cet art. On n'aura plus à craindre désormais de voir une planche usée et hors de service, après le tirage d'un petit nombre d'exemplaires, et il en résultera nécessairement une grande perfection dans les produits, et une économie notable dans leur prix de revient. Les essais qui ont été faits, pour la reproduction des planches gravées, tant par MM. Jacobi et Spencer que par le professeur de Kobell, ne laissent aucun doute sur l'entière efficacité de ce procédé.

L'art de la typographie devait tirer de nouveaux avantages du procédé galvanique. Rien de plus facile que de multiplier, au moyen de la pile, les planches stéréotypées, les matrices destinées à la fonte des caractères, et surtout ces nombreux clichés, ornement obligé de toutes les éditions de luxe.

Enfin, pour résumer en deux mots les autres applications de la galvanoplastie, l'imprimeur sur étoffes lui demandera ces cylindres dont la gravure coûtait si cher jusqu'ici; le chirur-

gien lui confiera ses instruments qui, revêtus par elle d'une couche d'or, seront désormais à l'abri de toute altération; le dentiste lui devra ces pièces métalliques s'adaptant avec justesse à toutes les inégalités des gencives, et dont l'exécution, par les procédés ordinaires, présentait des difficultés presque insurmontables.

Nous ne parlerons ici que pour mémoire de quelques essais qui ont été tentés pour reproduire, sur des planches de cuivre, la gravure des épreuves du daguerréotype. Jusqu'à présent, on n'a pas encore réussi à obtenir par l'impression de bonnes épreuves des planches ainsi gravées. Pour laisser à chacun le mérite de ses découvertes, nous dirons que M. Smee est le premier qui ait réussi à recouvrir d'une couche de cuivre des objets d'histoire naturelle, tels que fruits, feuilles, végétaux, etc.

Pour compléter cet essai historique de l'électro-métallurgie, il ne nous reste plus qu'à dire un mot des divers appareils successivement employés pour opérer la réduction des métaux.

Les premiers essais de MM. Spencer et Jacobi furent faits au moyen d'un appareil à une seule cellule. Cette manière d'opérer subsista jusqu'au mois d'avril 1840. C'est à cette époque que M. Mason imagina une disposition beaucoup plus ingénieuse. Il se servit d'un appareil à une seule cellule, comme d'une pile de Daniell, en la faisant communiquer avec une deuxième cellule. C'est ainsi qu'il parvint à obtenir deux proportions de cuivre réduit pour une de zinc dissous.

Cette première modification donna bientôt l'idée de plusieurs autres, et successivement les diverses piles connues furent employées à la réduction des métaux. Ce n'est point ici le lieu de décrire ces différents appareils (1); toutefois, nous devons mentionner la pile galvanique inventée par M. Smee, parce qu'elle a été construite tout exprès dans le but spécial qui nous occupe. Sa découverte se rattache donc intimement à l'histoire de la galvanoplastie, et c'est par suite des nombreuses expériences qu'il a faites à l'aide de cette pile, que M. Smee est parvenu à découvrir les lois de la réduction des métaux, si admirablement formulées par lui, et à observer une foule de particularités intéressantes pour l'électro-métallurgiste. Laissons donc M. Smee faire ressortir lui-même les

(1) Voir, pour cette description, la première partie de l'Appendice.

avantages de la pile en général, appliquée à la galvanoplastie, et déduire ceux qui sont particuliers à l'appareil qui lui est propre :

« La supériorité du procédé par la pile sur tous les autres, dit-il, dépend surtout de la possibilité de l'appliquer à tous les cas. D'abord, quand on ne fait usage que d'une seule de ses cellules, la quantité de zinc dissoute pour produire un résultat donné est équivalente, et même souvent inférieure à celle qui résulte de l'emploi des autres appareils, parce que l'action locale, dans les piles composées, est moindre que celle qui résulte de l'emploi d'un appareil à une seule cellule, et que la quantité du métal précipité peut être réglée avec la plus grande exactitude; je n'hésite même pas à dire que l'emploi du procédé par la batterie est le seul moyen qui puisse être employé avec avantage par le manufacturier.

« Ma pile (1) à éléments d'argent revêtus de platine, est particulièrement avantageuse à l'expérimentateur, car, lorsqu'elle est en action, elle lui fait connaître les progrès du travail dont il s'occupe. Si le courant électrique est faible, on entend un bruit léger; si le courant est un peu plus fort, le bruit augmente; si l'on fait passer un courant modéré, on entend un sifflement; et enfin, si le courant est très-fort, on distingue un véritable mugissement. Au moment où j'écris ces lignes, j'ai sous les yeux dix-neuf batteries qui fonctionnent, et chacune m'indique par un bruit particulier le travail qu'elle exécute. En ce moment la chute d'un corps pesant dans une pièce voisine ayant amené un point de contact entre deux fils conducteurs, il en est résulté un bruit considérable qui m'a immédiatement averti de cet accident, malgré le bruit produit par mes dix-huit autres piles. Je viens de séparer les fils conducteurs, et le bruit général produit par les appareils m'annonce qu'ils fonctionnent tous d'une manière satisfaisante. Toute action locale exercée sur le zinc est immédiatement indiquée par le bruit particulier qu'on entend, et j'ai été souvent surpris de la promptitude avec laquelle l'expérimentateur peut saisir les nuances de chaque bruit.

« Quant à la durée des effets de cette pile, je dirai que, quoiqu'en théorie ils ne soient pas absolument constants (2),

(1) Pour la description de cette pile et la manière de la construire, voir, dans l'ouvrage, numéros 48 à 55.

(2) Voir à l'Appendice le tableau comparatif des intensités des diverses batteries galvaniques.

on trouve cependant, en pratique, qu'elle répond à toutes les exigences de l'expérimentateur, puisque cette durée est de deux ou trois jours, ou, qu'en d'autres termes, elle se continue jusqu'à l'épuisement entier de la pile : alors même, une minute suffit pour remettre la batterie en marche, en ajoutant un acide affaibli à la solution de zinc. En citant ma propre expérience, touchant le mode d'action de ma pile, je pourrais y joindre le témoignage de plusieurs des plus grands manufacturiers d'Angleterre. J'ajouterai que le platine ne détruit jamais l'argent, et que l'argent revêtu de platine n'éprouve jamais le plus léger changement et n'est pas le moindrement attaqué. »

Tel est à peu près l'état actuel de l'électro-métallurgie. On voit que cet art, encore tout nouveau, est déjà riche en conquêtes utiles ; mais il est permis d'espérer que, dans un avenir très-prochain, il prendra encore de nouveaux développements. L'impulsion est maintenant donnée ; une foule de savants et d'hommes pratiques se livrent aujourd'hui à l'étude des phénomènes du galvanisme, et en dirigent chaque jour l'application vers un nouveau but d'utilité. On ne peut donc manquer de faire de nouvelles découvertes à présent, surtout, que les expériences vont être éclairées par une sage théorie, grâce à la publication en France de l'ouvrage de M. Smee.

LIVRE PREMIER.

DU GALVANISME.

CHAPITRE PREMIER.

DES BATTERIES GALVANIQUES.

Différentes espèces d'électricité, 1-9. — Batteries galvaniques; circonstances avantageuses ou désavantageuses, 9-14. — Cause prochaine du galvanisme, 14-18. — Quantité et intensité, 18-24. — Différentes formes de batteries : couronne des Tasses, Wollaston, etc., 24-33. — Adhésion de l'hydrogène sur la plaque négative; amalgame de la plaque positive, 34-38. — Batterie de Daniell, 38-45. — Batterie de Grove, 45-48. — Batterie de Smee, 48-56. — Comparaison entre les trois systèmes, 56-58. — Conclusion, 58.

1. De même que les chimistes ont classé une série étendue de phénomènes sous la dénomination générale de *calorique*, de même ils ont nommé *lumière* une autre série, et ont imposé le nom *d'électricité* à une troisième. La cause première de ces phénomènes, ainsi que celle de la vie, échappe à nos recherches; nous pouvons bien les constater, mais nous sommes incapables d'en pénétrer l'essence. En examinant les corps organisés, nous voyons que ces phénomènes peuvent être produits sous l'empire de la vie, car presque tous les animaux ont la faculté de dégager du calorique; plusieurs insectes, en outre, peuvent volontairement émettre de la lumière; et la faculté de produire de l'électricité est parfaitement démontrée par le terrible choc imprimé par la torpille et quelques autres animaux.

2. Ces phénomènes ne peuvent être appréciés à l'aide des balances les plus parfaites, de là le nom *d'impondérables* qui a été assigné aux agents qui les produisent. Cette propriété d'être impondérables leur est commune, et, dans beaucoup de cas, paraît les lier étroitement les uns aux autres.

3. L'électricité est le seul de ces phénomènes dont nous ayons à traiter spécialement dans cet ouvrage.

Suivant la manière dont on l'obtient, l'électricité se subdi-

vise en : électricité par friction, lorsque ce fluide est obtenu à l'aide d'une machine électrique ;

En thermo-électricité, lorsqu'il provient de corps solides par l'intermédiaire du calorique ;

En électricité animale, quand il est produit par les corps organisés ;

En électricité magnétique, lorsqu'il dérive de l'aimant naturel ou artificiel ;

En électricité voltaïque ou galvanique, lorsqu'il est obtenu par la pile de Volta.

4. Quoique ces noms, par leur multiplicité, semblent propres à jeter de la confusion sur le sujet qui nous occupe, il faut se souvenir qu'il n'y a qu'une sorte d'électricité qui se manifeste sous ces différentes formes, suivant diverses circonstances. Occupons-nous seulement des effets obtenus à l'aide de la pile voltaïque.

5. Les phénomènes auxquels on a imposé le nom d'électricité voltaïque ou galvanique, sont ceux qu'on obtient par l'emploi de la pile de Volta ou de Galvani, ainsi appelées du nom de leurs inventeurs. Ces observateurs remarquèrent que deux fragments de métal, possédant une affinité différente pour l'oxygène, produisaient, quand ils étaient convenablement unis l'un à l'autre, de fortes convulsions dans le cadavre d'une grenouille; ayant continué leurs expériences, ils finirent par construire la pile qui est maintenant devenue, par suite des dernières découvertes, un instrument puissant et d'une importance immense.

6. Sans examiner en détail les expériences intéressantes des auteurs qui les ont suivis, disons que pour construire avec avantage une pile galvanique, on doit se servir de deux corps conducteurs du fluide électrique, ainsi que d'un liquide conducteur et composé, qu'on puisse soumettre à la décomposition.

L'un des deux corps doit avoir la plus grande affinité possible pour l'un des éléments du fluide, et le second corps doit avoir le moins d'affinité possible pour le même élément de ce fluide. Ainsi, dans un simple circuit composé de zinc, d'argent et d'eau (l'eau étant rendue bon conducteur par l'addition d'un acide), le zinc a une grande affinité pour l'oxygène de l'eau, tandis que l'argent n'a que fort peu d'affinité pour ce gaz; on produira ainsi un courant d'une grande force.

7. En ce qui concerne le pouvoir conducteur des corps, on peut dire que les métaux et toutes les variétés du carbone

(excepté le diamant) tiennent le premier rang parmi les solides. Les liquides sont en général de mauvais conducteurs, particulièrement l'eau pure, quoiqu'elle devienne bon conducteur si on y ajoute des acides, des alcalis ou un sel quelconque. Les chlorures, les iodures en dissolution, sont aussi de bons conducteurs. Voici une liste des métaux rangés dans leur ordre de conductibilité : l'argent, le cuivre, le plomb, l'or, le laiton, le zinc, l'étain, le platiné, le palladium et le fer.

8. Si on excepte les métaux terreux et alcalins, tels que le potassium, le sodium, etc., le zinc a incontestablement la plus grande affinité pour l'oxygène, et c'est à ce titre qu'il est constamment employé comme métal électro-positif (c'est ainsi qu'on appelle le métal sur lequel agit la dissolution, ou qui, en réalité, agit sur le liquide). Tous les autres métaux, quelle que soit la dissolution acide dans laquelle on les met, sont électro-négatifs, état opposé à l'état électro-positif. Dans la table suivante, tout métal est électrisé positivement par rapport à tous ceux qui le suivent, et négativement par rapport à ceux qui le précèdent. Cette table ne comprend que les dissolutions acides, car elle varie avec presque toutes celles qu'on emploie.

Potassium	Fer	Argent
Barium	Bismuth	Palladium
Zinc	Antimoine	Or
Cadmium	Plomb	Charbon
Etain	Cuivre	Platine.

Néanmoins cet ordre me paraît exiger de nouvelles expériences; il me semble que dans cette recherche chaque métal devrait être employé dans un état très-divisé, comme le platine de ma batterie.

9. Lorsqu'un métal qui agit légèrement sur un liquide (comme par exemple le cuivre) est mis en contact avec un autre métal qui a une plus grande affinité pour l'oxygène de ce liquide, ce dernier métal, qui est électro-positif, est dissous, et donne au premier une disposition électro-négative, état qui le rend impropre à agir sur le fluide, parce qu'il est préservé par lui. Sir H. Davy utilisa cette singulière propriété pour protéger le doublage en cuivre des navires. Il se servait à cet effet de pièces de zinc et de fer mises en contact avec le cuivre, sous la flottaison. Malheureusement, ce dernier, en perdant ses propriétés délétères, permit aux plantes et aux animaux

marins de s'y accumuler en si grande quantité, que la marche du navire en fut notablement retardée. Dans les cas semblables, le zinc, à l'état de pureté, protège tous les métaux moins oxydables, même purs; mais si les métaux électrisés négativement sont recouverts d'une couche de charbon ou d'un métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène, l'action pourra être exercée sur eux.

10. Le contraire de cette observation s'applique au métal électro-positif, tel que le zinc; car, lorsqu'il est pur, l'acide sulfurique n'exerce aucune action sur lui, jusqu'à ce qu'on le mette en contact avec quelque autre métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène. Cependant, si le zinc est allié à un métal électro-négatif, il y a non-seulement action de la part du fluide pour la production du courant galvanique, mais en outre on s'expose à beaucoup de frais par suite du métal qui sera attaqué en pure perte. Cette production additionnelle de courant se nomme *action locale*, et doit être évitée autant que possible (1).

11. L'action locale provenant soit du zinc ou du métal négatif allié à un autre métal, doit être assimilée à une infinité de petites piles, dont l'action est tout-à-fait indépendante de celle de la grande, où l'hydrogène est entièrement dirigé vers le pôle négatif, et où, par conséquent, aucune action ne devient apparente au pôle positif.

12. C'est pour cette raison que les métaux à l'état de pureté sont extrêmement difficiles à dissoudre, particulièrement si les acides sont également à l'état de pureté; tel est, par exemple, l'argent pur dans une dissolution d'acide nitrique pur, ou du zinc pur dans une dissolution d'acide sulfurique, parce qu'il n'y a pas de *pile locale* de différents métaux établie pour favoriser la dissolution.

13. Une pile, lorsqu'elle est en action dans une dissolution acide, ne produit en apparence aucun changement du côté du métal électro-positif ou du zinc, si l'action locale est détruite, quoiqu'en effet ce soit le zinc qui est dissous. Au contraire, le métal électro-négatif qui, en réalité, n'éprouve aucun changement, laisse apercevoir un dégagement abondant de gaz qui provient du transport de l'hydrogène au pôle négatif, tandis que l'oxygène est absorbé par le pôle positif ou le zinc.

14. Ceci nous rapproche de la cause du courant voltaïque,

(1) 10. On pourra toujours éviter l'action locale en n'employant que du zinc le plus pur possible. Voyez, Nos 34 à 38, l'utilité d'amalgamer le métal positif.

car on trouve que la totalité de l'action sur le zinc est exactement proportionnelle à la quantité d'électricité produite; de là le zinc paraît être l'agent calorifique de la pile, et semble y tenir la même place que le charbon dans le feu. D'après ces faits et plusieurs autres, les docteurs Wollaston, Faraday, et avec eux le plus grand nombre des expérimentateurs contemporains, croient que l'action chimique de la dissolution acide sur le zinc, ou plutôt du zinc sur l'eau de la dissolution acide, est la source du courant électrique dans la pile voltaïque; c'est là ce qu'on nomme la *théorie chimique* de la pile. Les Allemands, et d'autres encore, suivant les traces de Volta, croient que l'action chimique est l'effet du courant électrique, et que le fluide est produit par le contact de deux métaux hétérogènes. Cette dernière opinion a reçu le nom de *théorie du contact.*

15. En opposition à la théorie du contact, le docteur Faraday a décrit dans les *Transactions philosophiques*, des faits curieux qui montrent que la communication d'une simple batterie excitée par de l'acide sulfurique étendu, ne s'établit à l'aide d'aucun métal, mais à l'aide d'un liquide capable d'être décomposé par l'action plus énergique de l'acide sulfurique étendu. Cet auteur trouva également que la dissolution d'iodure de potassium était la plus propre à mettre ce fait intéressant en évidence.

16. Quelle que soit la théorie adoptée, la quantité d'électricité développée, toutes choses égales d'ailleurs, est exactement proportionnelle à la surface du métal négatif employé : ainsi, pourvu qu'il n'y ait pas quelqu'obstacle à vaincre, si la surface de ce métal est doublée, la quantité d'électricité sera également doublée. Cependant l'étendue de la surface du métal positif n'est pas, jusqu'à un certain point, d'une grande conséquence, quoique néanmoins son trop peu d'étendue soit une circonstance nuisible à l'opération.

17. Une circonstance à laquelle on doit bien prendre garde, est qu'il faut que chaque point du métal négatif offre un point d'irradiation au métal positif, car chaque point qui n'est pas ainsi disposé est beaucoup moins actif, quelquefois même tout-à-fait sans action. Dans différents cas, cette particularité se montre d'une manière plus ou moins frappante; car si l'hydrogène est dégagé à l'état naissant, ce gaz, par l'action combinée de son adhésion et de son élasticité, se montre à une grande distance du métal positif, et tout-à-fait en dehors de

la sphère de son irradiation; comme cela arrive lorsque la face postérieure de la plaque de métal est en action, tandis que l'autre est opposée au fluide. Quand on fait usage des métaux très-polis, le gaz passe également à une grande distance; mais quand un métal est préparé avec du platine, de la manière que j'indiquerai plus loin, le gaz ne s'échappe que d'une petite étendue, quoique avec force, quand on le met en contact avec un fil de zinc très-délié.

18. Il y a une corrélation entre l'énergie du courant et la distance qui sépare les métaux électro-positif et négatif, car plus on les rapproche et plus on dégage d'électricité, quoique son intensité ne soit point influencée par la différence de leur arrangement.

19. La fonction que remplit la dissolution acide a été expliquée en partie, car nous avons déjà dit que l'eau est décomposée, l'hydrogène se portant au métal négatif, tandis que l'oxygène se combine avec le zinc, pour former un oxyde de ce métal. C'est alors que commence l'action de l'acide qui non-seulement donne un pouvoir conducteur très-considérable à la dissolution, mais s'empare de l'oxyde métallique pour former du sulfate de zinc.

20. Quel que soit le liquide qu'on emploie pour charger la pile, son efficacité repose sur les mêmes principes; mais l'intensité varie avec chaque corps étranger qu'on introduit dans l'eau. Ainsi, les acides sulfurique et nitrique étendus, ou la dissolution d'un sel, impriment plus ou moins de puissance à la pile. Cependant une augmentation ou une diminution dans la proportion de ceux-ci n'influe pas sur l'intensité, quoique la quantité soit matériellement changée; car si dix gouttes d'acide sulfurique sont placées dans un litre d'eau, l'intensité sera aussi considérable que si on employait un litre du même acide. Mais la quantité, dans le premier cas, serait infiniment moindre que dans le second.

21. Une pile galvanique présente deux propriétés importantes : la quantité et l'intensité du fluide électrique; la quantité dépend du volume du métal négatif ou de la force de la dissolution, tandis que l'intensité provient de causes qui échappent à nos recherches; la quantité n'exige qu'une seule cellule, et ceci a été supposé dans toutes les expériences précédentes, car nous avons vu qu'il faut avoir deux métaux avec l'intervention d'un liquide. Ceux-ci restent dans l'inaction tant qu'ils ne sont point en contact; mais aussitôt que ce

Digitized by Google

contact a lieu, soit dans le fluide excitant, soit à travers un liquide d'une décomposition plus facile que le liquide excitant de la pile, l'action commence immédiatement. Le contact peut avoir lieu à l'aide d'un long fil métallique, et avec le même résultat. Dans ce cas cependant, selon que le fil métallique sera long ou d'un petit diamètre, ou fait d'un métal doué de peu de conductibilité, on verra une diminution notable de quantité dans l'hydrogène dégagé du métal négatif, ce qui prouve qu'un obstacle se présente au fluide électrique; mais si l'on donne de l'intensité au fluide, alors l'hydrogène se dégagera avec autant de facilité qu'auparavant.

22. Pour obtenir cette intensité, il faut recourir à un certain nombre de piles disposées en séries, ce qu'on obtient en faisant communiquer le zinc d'une pile avec l'argent d'une autre pile, en ayant soin de laisser libres le zinc et le cuivre qui en forment les extrémités. On peut ainsi unir une centaine de piles, mais la quantité du fluide ne sera pas augmentée, car il ne se forme qu'une quantité d'électricité égale à celle qu'on obtient quand on se sert d'une seule cellule. Dans ce cas, cependant, la même quantité peut traverser une plus grande résistance, car il semble qu'à chaque alternation de la pile, le fluide électrique acquiert une nouvelle impulsion pour vaincre l'obstacle qui s'oppose à son passage, et c'est cette force qu'on nomme intensité.

Ces deux propriétés sont très-difficiles à comprendre pour les commençants (1); mais, cependant, on peut s'en former une idée en comparant la quantité au piston qui imprime le mouvement au convoi d'un chemin de fer qui est mu à l'aide d'une seule machine sur un plan horizontal; mais que ce convoi rencontre un plan incliné ou un monticule, alors deux, trois, cent machines seront nécessaires pour le mettre en

(1) 22. Il est très-important de bien se pénétrer de la différence qui existe entre la quantité et l'intensité du fluide galvanique. L'ignorance où l'on serait de ces deux qualités bien distinctes pourrait entraîner de graves erreurs, et l'on verra plus tard que tels et tels métaux ne peuvent être réduits à l'état métallique qu'en employant plus ou moins d'intensité. On verra plus loin, Nos 153 et suivants, qu'au moyen d'une intensité plus ou moins énergique, les métaux sont réduits à divers degrés, soit à l'état de poudre noire, soit à l'état cristallin, soit enfin à l'état métallique pur. Il y a plus, l'intensité du courant galvanique exerce une influence notable sur la qualité du métal réduit, qui se trouve tantôt malléable, tantôt sec et cassant, suivant les circonstances dans lesquelles sa réduction a été obtenue. Toutes ces différentes nuances, dues à l'intensité plus ou moins grande du courant, et les moyens d'augmenter ou de diminuer cette intensité, ont été soigneusement observés et décrits dans les Nos 122 et 154 à 156, nous y renvoyons le lecteur. Voir aussi No 91.

Nous dirons, pour nous résumer, que le mot d'intensité s'applique à l'énergie avec laquelle un courant galvanique, d'une force quelconque, traverse un milieu qui lui oppose de la résistance, tandis que la quantité exprime l'abondance de l'électricité produite.

mouvement, et cependant le piston qui fait tourner les roues de la locomotive n'agira pas un plus grand nombre de fois, dans un temps donné, que si une seule machine avait été employée.

23. Il n'y a aucun avantage, et même il y a consommation en pure perte, si l'on fait usage d'une pile d'une intensité plus grande qu'il n'est nécessaire pour vaincre une résistance donnée, que celle-ci soit produite par un fluide à décomposer ou par tout autre agent; car si dix cellules, disposées de manière à former une pile composée, sont suffisantes pour vaincre l'obstacle, l'effet de 60 cellules arrangées en six séries de dix chaque, serait six fois aussi fort que si une série de dix cellules seulement était employée, parce qu'elles formeraient alors une pile de six fois le même volume, mais de la même intensité qu'auparavant. Mais si le tout était employé comme une série composée, la décomposition qui en résulterait serait infiniment moindre que six fois la quantité; et, pour employer la pile avec avantage, il faut se graver ce fait dans la mémoire. En outre, si les surfaces sont augmentées avant qu'on ait obtenu une intensité suffisante, ce fait ne produira pas une puissance totale proportionnée.

24. Une pile composée, ou formée de plusieurs cellules, dégage dans chaque compartiment la même quantité d'électricité, et conséquemment la même quantité de zinc est dissoute dans les deux cas. Sous ce rapport, moins on emploiera de cellules pour vaincre l'obstacle, plus il y aura d'économie. Il est donc clair qu'aussitôt que, par l'accroissement des séries, on a obtenu une intensité suffisante pour vaincre partiellement la résistance, on devra chercher la quantité en augmentant la surface; car, si une seule cellule, ou une seule série, exige 500 grammes (1 livre) de zinc pour produire une quantité de travail donnée; lorsque ce même travail est obtenu plus vite à l'aide de douze cellules, 6 kilogrammes (12 livres) de zinc sont dissous, savoir: 500 grammes (1 livre) dans chaque cellule. Quelle que soit l'étendue des cellules, le résultat sera le même, car il n'y aura pas plus de zinc de dissous.

25. La forme de pile composée la plus simple, est la couronne des Tasses, qui est formée de disques alternatifs de zinc et de platine soudés ensemble; le zinc doit être placé dans un verre, le platine dans un autre verre, et la série ainsi arrangée peut être chargée avec de l'acide sulfurique étendu. Il faut avoir soin que le métal des paires alternatives ne soit point en contact dans le liquide.

26. Lorsqu'on ne veut obtenir que l'intensité seulement, on doit employer un grand nombre de disques, comme dans la colonne de Deluc, qui est construite avec des disques de deux métaux séparés par des disques de papier. Il y a plusieurs méthodes pour construire ces piles : la plus commune de toutes consiste à placer alternativement des disques de papier argenté sur des disques semblables de zinc, en ayant soin que la série (c'est-à-dire la position relative du zinc) ait toujours la même direction. Cette espèce de pile peut aussi être faite de disques de papier dont une face est argentée ou dorée, et l'autre enduite d'une couche de miel et d'oxyde noir de manganèse; toutefois il faut éviter que le manganèse ne soit exposé à l'action du soleil, car dans ce cas il devient inerte. Il faut aussi que le papier doré ou argenté ne soit pas recouvert d'un vernis comme celui qu'on trouve dans le commerce. 500 à 1000 disques sont nécessaires pour construire un appareil qui produise quelqu'effet.

27. Les plus fortes batteries qu'on employa pendant longtemps, consistaient en cuivre et zinc, disposés de différentes manières, suivant le caprice de l'opérateur. Ainsi le cuivre de chaque cellule entourait le zinc, et tous deux étaient disposés de manière à s'ajuster dans une auge en porcelaine ayant 8, 10 cellules et même plus. Chaque cellule doit être considérée comme une pile distincte, quoique le cuivre et le zinc de la totalité de l'auge soient réunis. Cette disposition a été imaginée pour retirer d'un seul coup les couples de l'auge.

28. Dans cette batterie composée, un diaphragme de porcelaine sépare chaque pile simple. Mais le docteur Hare découvrit qu'une série de couples pouvait être placée dans une seule auge, pourvu que les métaux de chaque couple ne plongeassent pas dans le liquide; et que le métal électro-positif ne fournissait une puissance irradiante qu'au métal électro-négatif de la paire à laquelle il appartenait; et de même aussi que le métal électro-négatif n'agissait d'une manière identique par rapport à aucun métal électro-positif. Cette forme de pile est très-peu connue en Angleterre, et n'est que rarement employée, je crois, dans les autres pays.

29. Il y a une autre forme de pile qui a été inventée par Cruikshank, et qui consiste en plaques carrées de zinc et de cuivre soudées ensemble et fixées à des intervalles réguliers dans une auge en bois; le zinc étant toujours dans une certaine direction dans cette pile, ce sont les métaux eux-mêmes dont la distance des uns aux autres forme les cellules.

30. Il y a plusieurs autres formes de piles composées qui ne méritent pas ici une mention particulière, attendu que les principes qui ont été déjà établis les concernent toutes.

31. Pourvu que les métaux soient suffisants pour conduire le courant, leur épaisseur n'exerce aucune influence sur la quantité d'électricité, car cette quantité dépend de la surface qui est offerte au liquide; et si les métaux sont trop minces pour conduire l'électricité, il s'ensuivra une diminution dans la quantité du courant produit, diminution semblable à celle qui a lieu lorsqu'on emploie les fils très-déliés : pour cette raison, de la poterie, couverte de platine, n'a pas pu être employée comme pôle négatif d'une pile de Grove, la couche de platine n'étant pas d'une épaisseur suffisante. Cependant, quelque mince que soit la surface du corps métallique bon conducteur qui a été employé, le courant le traversera graduellement, propriété d'une grande importance pour l'électrotypie.

32. Les métaux étant bons conducteurs, et les oxydes métalliques non conducteurs, il est important que le métal négatif présente une surface parfaitement décapée, sans quoi ce métal serait complètement sans action, c'est pourquoi, lorsqu'on emploie les piles de formes anciennes, le cuivre doit être nettoyé avec soin pour le débarrasser de l'oxyde qui le recouvre, avant de mettre la pile en action.

33. Quand le métal est bien décapé avant de l'employer, cela ne l'empêche pas de perdre sa puissance très-vite et presque instantanément. Ce fait dépend principalement, si ce n'est pas tout-à-fait, de l'adhérence de l'hydrogène au métal négatif qui, par là, se revêt d'une couche de ce gaz qui est non conducteur, circonstance qui le rend sans action. L'état de la surface exerce une influence sur l'adhérence de ce gaz.

Le lecteur peut, à l'aide de l'expérience suivante, se convaincre facilement de la vérité de cette assertion : qu'on plonge dans un gobelet contenant de l'acide sulfurique étendu, une plaque de cuivre poli, et qu'on mette un fragment de zinc en contact avec le cuivre sous la surface du liquide, des bulles d'hydrogène ne tarderont pas à se montrer sur le cuivre, et le couvriront en peu d'instants. On remarquera que ces bulles, au lieu de s'élever à la surface et de crever dès leur dégagement, continueront d'adhérer au métal ; ceci dépend du principe appelé adhérence hétérogène, qui ne peut avoir lieu que lorsque la surface de deux corps se trouve en con-

tact immédiat. Une surface polie de métal détermine l'adhérence du gaz avec assez de force pour contrebalancer la tendance du fluide gazeux à s'élever vers la surface du liquide; cette force doit avoir une grande énergie si l'on considère la différence de pesanteur spécifique de l'hydrogène et de l'eau. En rendant la surface rugueuse, à l'aide d'un gros papier de verre, on obvie, jusqu'à un certain point, à cet inconvénient, mais cependant on n'y remédie pas entièrement. Le moyen de vaincre cette adhérence sera exposé lorsque je décrirai ma batterie. Pour donner une idée de la quantité d'hydrogène qui adhère sur une surface métallique polie, je dirai que j'ai souvent vu le platine, le plus lourd de tous les corps, s'élever, par la force ascendante de l'hydrogène, jusqu'à la surface de l'eau après avoir été mis en contact avec le zinc.

34. Les mêmes observations s'appliquent au métal positif; car, lorsque le zinc, même impur, est poli, l'hydrogène y adhère avec tant de force, que presque aucune action n'aura lieu jusqu'à ce que la surface soit corrodée; c'est alors qu'elle acquerra immédiatement une grande énergie. Il y a cependant un autre moyen de vaincre cette action locale : je ne l'ai pas indiqué plus tôt, parce que je crois que cette action dépend de ce qu'on facilite l'adhésion de l'hydrogène. Il consiste en un amalgame du zinc. En préparant une pile, cette précaution ne doit pas être négligée, d'autant plus qu'elle est très-économique, puisqu'elle n'exige qu'une très-petite quantité de mercure. Lorsqu'on y a recours, on doit agir sur la surface du zinc soit à l'aide d'un acide, soit en râclant la surface oxydée, puis on la frictionne avec du mercure métallique. N'oublions pas à qui nous devons cette découverte qui permet à elle seule de répandre dans les arts l'usage des batteries galvaniques. La postérité sera reconnaissante envers son inventeur, M. Kemp, que l'on serait d'autant plus disposé à oublier, qu'il n'appartenait point à la Société royale, et qu'il n'était point au nombre des professeurs officiels de Londres.

Voici l'explication que j'ai essayé de donner de ce progrès important : le mercure enveloppe les petites parties de charbon et de métaux étrangers qui sont mêlés au métal, c'est pourquoi le premier gaz qui se dégage y adhère avec tant de force, que chaque point du métal en est recouvert, ce qui empêche toute action ultérieure; car, de tous les métaux connus, il n'y en a pas auquel l'hydrogène s'attache aussi fortement qu'au mercure. Voici une expérience qui prouve que l'absence

d'action dépend de l'adhérence de l'hydrogène : si on met un amalgame de zinc dans de l'acide sulfurique étendu, il n'y aura pas de dégagement de gaz, mais l'amalgame se recouvrira de larges bulles; mais si on ajoute dans l'acide un peu de sulfate de cuivre, de nitrate d'argent, ou de nitro-hydrochlorate de platine, un changement instantané aura lieu, car l'hydrogène ne se dégagera pas, mais sera absorbé à l'état naissant pour réduire les oxydes de ces métaux.

35. Dans un traité élémentaire, il est hors de propos d'insister sur ces points, mais ceux qui désirent les connaître à foud peuvent cousulter le *Magasin philosophique d'avril* 1840, ou les *Transactions de la Société des arts*, de la même année. L'étude de ces faits m'a donné l'idée de construire la batterie chimico-mécanique dont nous parlerons, après avoir décrit les autres variétés de batteries. Cependant, avant de nous étendre sur ce sujet, il est nécessaire d'indiquer une autre propriété des métaux à laquelle nous n'avons point encore fait allusion, à savoir : que les métaux les moins oxydables, comme le platine, mis en rapport avec ceux qui ont plus d'affinité pour l'oxygène, se revêtent d'une telle quantité d'air, que leur emploi devient infructueux, parce qu'ils présentent au liquide une couche d'un corps mauvais conducteur, au lieu de présenter une couche métallique. Cette couche d'air peut être immédiatement détruite par la chaleur ou par de l'acide nitrique concentré. Ce fait est connu depuis longtemps, et l'expérience vulgaire qui consiste à faire surnager de la limaille de fer, taudis qu'on fait desceudre au fond de l'eau de la magnésie en poudre impalpable, en est un exemple; mais je ne pense pas qu'on ait jamais considéré ce fait comme dépendant de l'influence du fluide galvanique.

36. La manière dont le dégagement de l'hydrogène a lieu influe sur la puissance de la pile; car si ce gaz se dégage à l'état naissant du métal négatif à l'aide d'une substance qui cède de l'oxygène pour se combiner avec lui, l'intensité est plus grande que lorsque ce gaz s'échappe. La cause de ce phénomène n'est pas parfaitement connue; quelques personnes pensent qu'elle provient de l'action chimique qui a lieu aux deux pôles de la pile; tandis que d'autres l'expliquent dans l'hypothèse que l'hydrogène entraîne une certaine quantité d'électricité de tension, en considérant que l'électromètre à feuilles d'or est influencé lorsqu'on l'approche de l'hydrogène qui vient de se dégager.

37. Aucune amélioration n'avait encore été faite dans la pile galvanique, telle que nous l'avons décrite. En effet, toutes les modifications n'avaient porté que sur le volume, la forme (telles sont les cellules plates et les cellules rondes) ou sur la disposition plus ou moins intérieure des métaux. Mais ces changements peuvent être à peine considérés comme un progrès. Enfin le professeur Daniell dirigea son attention sur ce sujet et construisit une pile d'après des principes entièrement nouveaux.

38. La batterie qu'il a préconisée présente de 203 à 609 millimètres (7 pouces 1/2 à 2 pieds) de haut sur 100 millimètres (3 pouces 1/2) de diamètre. Le récipient extérieur doit être en cuivre; on peut en peindre l'extérieur qui ne joue aucun rôle dans la production de l'électricité.

Il faut éviter d'en peindre la surface intérieure. On verse dans ce récipient une dissolution de sulfate de cuivre, au lieu d'acide étendu dont on se sert dans les autres batteries; mais si, dans cette circonstance, une plaque de zinc était plongée dans cette dissolution, et si le contact était opéré, le cuivre de la dissolution serait réduit et se déposerait sur le zinc aussi bien que sur le cylindre extérieur; et de cette manière la batterie cesserait d'avoir aucun effet. On vit donc qu'il était nécessaire d'enfermer le zinc dans un vase poreux, afin de le séparer du sulfate de cuivre; on y parvint au moyen d'un sac ou diaphragme de baudruche; c'est dans cette membrane, qui fait l'office de vase intérieur, qu'on met le zinc avec de l'acide sulfurique étendu. On a de cette manière un cylindre extérieur en cuivre contenant une dissolution de sulfate de cuivre, et une capacité intérieure contenant le zinc et l'acide étendu. Aussitôt que le contact a lieu, le zinc est dissous, le sulfate de zinc est retenu dans la partie intérieure du vase, et l'hydrogène, au lieu de se dégager au pôle négatif, réduit le cuivre de son sulfate.

Le vase intérieur peut être considéré comme désavantageux, en ce qu'il diminue la puissance de la pile : plus le vase est poreux et plus la quantité d'électricité qui se développe est grande. C'est dans ce but qu'on emploie du gros papier commun, de grosse toile, de la poterie poreuse, au lieu d'une membrane, d'une vessie ou d'un fragment d'intestin comme on le faisait précédemment. Le professeur Daniell emploie, comme métal positif, des baguettes de zinc qu'il amalgame; et comme un peu de cuivre passe toujours à travers les parois du vase

poreux, cette opération doit être répétée chaque fois qu'on en fait usage. Dès qu'on s'est servi des tubes en poterie, on doit les plonger dans de l'eau et on les y laissera jusqu'à ce que le sulfate de cuivre soit dissous. Sans cette précaution le sel en se cristallisant pourrait boucher les pores du vase et le faire éclater.

39. Quelques expérimentateurs ont pensé que le zinc était trop éloigné du cuivre quand il en était à 50 millimètres (22 lignes) de distance; ils ont donc fait usage de cylindres d'un plus petit diamètre; quoique l'on obtienne une augmentation de puissance à l'aide de ce moyen, cependant son application présente plus d'inconvénients que l'emploi du procédé du docteur Daniell. Quand on fait usage de tubes poreux, de n'importe quelle espèce, toutes les fois que la réduction du métal a lieu, on doit éviter avec soin que les plaques de la batterie ne soient en contact avec le vase poreux; sans cela la réduction du métal s'effectuant, celui-ci se déposerait sur le vase, et à la longue une ligne de continuité s'étendrait de l'un à l'autre.

Quelques personnes, dans l'unique but de se faire passer pour inventeurs, ont construit, sans aucun avantage, des batteries carrées, oblongues et de beaucoup d'autres formes, dans lesquelles il y a autant d'inconvénients que d'avantages.

40. La batterie de Daniell se fait surtout remarquer par la constance de ses effets, c'est-à-dire qu'elle a la propriété de produire exactement la même quantité d'électricité pendant un long espace de temps; c'est pour cette raison qu'elle est d'une grande importance dans beaucoup d'expériences.

41. Cependant, certaines précautions sont nécessaires pour obtenir de la constance dans ses effets; car si on changeait le volume des fils métalliques employés pour établir la communication, si leur longueur était sensiblement diminuée ou augmentée, alors il y aurait variation dans la quantité d'électricité. La distance entre les pôles, et le volume de ces derniers doivent rester les mêmes; et il faut aussi avoir soin que les tubes poreux soient de la même texture; car on doit se rappeler, que si un seul tube en poterie d'une mauvaise construction était mis en usage dans une batterie à grande surface, la quantité d'électricité en serait influencée.

42. Plusieurs erreurs sont provenues de l'emploi du mot *constance*: on s'en sert souvent pour exprimer une action longtemps continuée, tandis que cette expression a ici un sens tout différent; car, une batterie peut être *constante* et ne rester en

action qu'un court espace de temps; tandis qu'une batterie pourrait continuer d'agir pendant des années et n'être pas constante dans son action; la propriété d'une longue durée est cependant la plus utile (1).

43. Les principaux inconvénients de cette batterie sont: 1° le temps nécessaire pour la mettre en action; 2° l'embarras et la dépense qui accompagnent l'emploi des tubes poreux; et enfin la nécessité d'amalgamer de nouveau les plaques à chaque instant.

44. Le principal avantage que cette batterie possède sur toutes les précédentes, est le transport de l'hydrogène (au lieu de son dégagement) au vase négatif quand il est à l'état naissant, ce qui a lieu par la décomposition du sulfate de cuivre; voilà pourquoi cette batterie ne dégage pas de vapeurs. Pour tirer le plus grand avantage de la force de décomposition de cette pile, il est nécessaire d'employer une série de dix ou douze éléments.

45. Une autre batterie construite sur les mêmes principes, quoique appliqués d'une manière différente, a été imaginée par M. Grove; il emploie le platine comme métal négatif, il verse dans la cellule intérieure de l'acide nitrique très-concentré, et il place dans la cellule extérieure, avec le zinc, de l'acide sulfurique ou hydrochlorique étendu. La forme que M. Grove préfère est une auge à plusieurs cellules, comme celle de Wollaston, qui contient dans son intérieur des tubes poreux plats de la forme d'un parallélipipède; et comme le platine est un métal dispendieux, il a soin de mettre toute sa surface en action, en l'entourant complètement de zinc. Dans cette batterie, l'acide nitrique est décomposé par l'hydrogène, et il se dégage du deutoxyde de nitrogène, lequel se trouvant en contact avec l'air atmosphérique, est converti en acide nitreux.

46. Cette batterie est remarquable à cause de sa force; une série de quatre couples étant suffisante pour opérer la plupart des décompositions.

Une grande série laisse apercevoir un arc lumineux très-

(1) 42. Pour mieux faire comprendre ce qu'on doit entendre par la constance d'une pile électrique, servons-nous d'une comparaison : une bonne montre, lorsqu'elle aura été remontée, marchera avec une vitesse constamment égale, jusqu'à ce que son ressort, tout-à-fait détendu, l'oblige à s'arrêter. Telle doit être la constance d'une pile galvanique à effets continus. Elle doit fournir, jusqu'à son entier épuisement, une *quantité* et une *intensité* égales d'électricité. Voir à l'Appendice l'excellente notice de M. Ed. Becquerel sur les piles à courant constant.

brillant; ce phénomène y est plus marqué que dans toutes les autres batteries. Cependant, malgré sa grande intensité, elle présente de graves inconvénients; car les vapeurs d'acide nitreux qui se dégagent pendant qu'elle est en action, sont dangéreuses pour l'économie animale, et il y aurait de l'imprudence à s'y exposer sans que l'air circulât librement. Ces vapeurs nitreuses attaquent presque toutes les surfaces métalliques qui sont exposées à leur contact; c'est pourquoi cette batterie ne doit pas être employée dans un local où il y aurait des appareils en métal poli.

L'acide nitrique, en outre, passe à travers les tubes poreux, et attaque fortement le zinc, indépendamment de celui qui est dissous pour engendrer l'électricité. Enfin, à tous ces inconvénients, il faut ajouter l'embarras et les frais qui accompagnent l'emploi des tubes poreux.

47. Nous avons vu jusqu'ici que la batterie de M. Grove est construite sur le même principe que celle proposée par le professeur Daniell; car, dans toutes deux, l'hydrogène est dégagé à l'aide de moyens chimiques : dans l'une, par l'acide nitrique, et dans l'autre, par le sulfate de cuivre. Il existe plusieurs autres moyens pour obtenir les mêmes résultats; ainsi, on emploie le nitrate d'argent, les sels d'or, de palladium et de platine, et les autres acides oxygénés, tels que l'acide iodique, chlorique et bromique. J'ai essayé plusieurs autres moyens, mais je ne suis arrivé, jusqu'à présent, à aucun résultat nouveau, et je n'ai pas encore trouvé de disposition supérieure, pour l'intensité, à celle de M. Grove.

48. En faisant une série d'expériences sur le ferro-cyanure de potassium, ayant eu plusieurs occasions d'employer la batterie galvanique, j'ai vu que, quoique les deux batteries précédemment décrites fussent des instruments admirablement construits, cependant il était à désirer qu'on pût en imaginer un dont la mise en action fût instantanée et accompagnée de beaucoup moins d'embarras. Je m'efforçai donc de construire une pile qui n'exigeât que peu de soins dans son emploi, et j'y parvins en imaginant la batterie chimico-mécanique.

49. Après avoir étudié avec soin tous les caractères des métaux qui entrent dans la construction de ces sortes d'appareils, cette batterie fut établie sur la connaissance de la propriété que les surfaces rugueuses possèdent de dégager l'hydrogène, tandis que les surfaces polies favorisent son adhérence. Ainsi, quel que soit le métal qu'on emploie comme

pôle négatif, il faut en rendre la surface rugueuse soit par l'emploi d'un acide concentré, l'acide sulfurique pour le fer, l'acide nitrique pour le cuivre ou l'argent, ou en frottant mécaniquement la surface avec du papier de verre. Par ces moyens, l'emploi des métaux est rendu beaucoup plus efficace; mais pour tirer le plus grand avantage de ce principe, je recouvre le platine, à l'aide du fluide galvanique, d'une poudre noire de platine finement divisée; c'est-à-dire que je dispose le platine comme le cuivre est disposé dans la batterie de Daniell; mais au lieu d'employer le sulfate de cuivre dans le vase extérieur, j'emploie une petite quantité de chlorure de platine; et alors, la poudre métallique est déposée d'une manière aussi efficace sur la plaque de platine préalablement frottée avec du papier de verre. Par le même moyen, cette poudre est déposée avec le même résultat sur le palladium, sur l'argent (attaqué par l'acide nitrique), sur les plaques de cuivre, sur toute espèce de fer et sur du charbon; mais aucun autre métal n'a pu recevoir ce dépôt. L'argent est le métal le plus généralement employé, à cause de son prix peu élevé et parce qu'il ne subit aucune altération. Mais, quel que soit le métal qu'on adopte, le principe est le même, c'est-à-dire qu'on obtient une surface à laquelle l'hydrogène n'adhère pas, mais de laquelle ce gaz se dégage. La multitude de points que présentent les surfaces rugueuses, paraît être la cause de cet excellent résultat. La préparation de l'argent est maintenant une branche à part dans le commerce, et les métaux recouverts de platine peuvent être achetés tout prêts à être employés. Mais ceux qui désirent exécuter eux-mêmes cette opération en trouveront ci-après une courte description (N° 50).

50. Le métal qu'on veut préparer doit être d'une épaisseur suffisante pour conduire le courant électrique, et doit être rendu rugueux, soit avec du papier de verre comme dans le cas où on emploie le platine ou le palladium, soit, si c'est de l'argent, en le frottant avec un peu d'acide nitrique concentré jusqu'à ce qu'il acquière un aspect miroitant.

L'argent est d'abord lavé et mis dans un vase avec de l'acide nitrique étendu auquel on ajoute quelques gouttes de chlorure de platine. On place ensuite dans ce vase un tube poreux avec quelques gouttes d'acide sulfurique étendu, et dans ce tube on met le zinc. Le contact étant obtenu, le platine se déposera en peu d'instants à la surface de la plaque

d'argent sous forme de poudre noire. L'opération est alors achevée, et le métal *platiné* est prêt pour l'usage. Le fer, ainsi préparé, est aussi bon que l'argent et lui sera quelquefois substitué avec avantage.

Quand on emploie ce dernier métal, il suffit de le frotter avec un peu de chlorure de platine, et l'on verra de suite un dépôt de poudre noire se manifester.

51. Le liquide qu'on emploie généralement pour charger cette batterie est un mélange d'une partie d'acide sulfurique et de sept parties d'eau. Ce mélange présente assez de force pour n'importe quelle expérience. Quand on veut obtenir une plus grande intensité, il faut ajouter au mélange précédent quelques gouttes d'acide nitrique; mais il ne faut pas mettre une trop grande quantité de ce dernier, sans cela l'argent serait attaqué. Cependant, lorsqu'on se sert de platine pur, on peut mettre en usage l'acide nitrique, sans inconvénient.

L'électro-métallurgiste trouvera avantageux d'employer une dissolution contenant seulement 1/16 d'acide sulfurique pur.

52. On a fait de nombreuses recherches pour trouver la disposition la plus appropriée à l'emploi de cette batterie, mais cette disposition doit dépendre du but qu'on se propose.

Les commençants pourront se contenter de l'auge à douze cellules de Wollaston (*fig.* 7 A, *Pl.* II), qui doit être construite de manière à employer à volonté toutes ou plusieurs des cellules indépendamment les unes des autres.

L'argent étant le métal le plus dispendieux, doit être complètement entouré de zinc, afin que tout l'argent soit mis en action. Lorsqu'on veut que la batterie continue d'agir pendant longtemps, par exemple des jours et même des semaines, on doit employer un vase suffisamment grand pour contenir une grande quantité d'acide étendu (*fig.* 3 A, *Pl.* II).

53. Quand on veut employer une batterie pour la fabrication de quelque objet, il est bon, dans certains cas, de retirer le sulfate de zinc à mesure qu'il se forme, au moyen d'un tube qui le laisse écouler par le bas, tandis qu'on verse de temps en temps de nouvel acide par le haut, mais ceci n'est pas toujours nécessaire. Pour atteindre ce but, la batterie doit être construite de manière que les plaques de zinc puissent être facilement remplacées quand elles sont usées ; il y a plusieurs autres formes de batterie qu'on peut adopter, comme la batterie circulaire dont le zinc se trouve en dehors.

54. Ce qui caractérise ma batterie, c'est sa simplicité et la

grande quantité d'électricité qu'elle produit; en outre elle occasionne peu d'embarras dans son emploi. Le zinc exige rarement qu'on l'amalgame de nouveau, attendu que l'amalgame dure jusqu'à ce que le métal soit complètement dissous.

55. Lorsqu'on fait usage de cette batterie, il faut avoir soin qu'aucune parcelle d'un sel de cuivre, de plomb ou d'autre métal, ne se trouve mélangée, par hasard ou par accident, au fluide excitant, car l'argent platinisé serait bientôt recouvert de ce métal. En un mot, il faut éviter de présenter au liquide toute autre surface que le platine réduit en poudre fine. L'ignorance de ces faits, de la part de ceux qui employaient cette batterie, faisait que le métal négatif se recouvrait de cuivre, qui, en s'oxidant, rendait le platine inutile.

56. Telle est la description des trois sortes de batteries en usage aujourd'hui. L'excellent appareil inventé par M. Daniell se fait remarquer par la constance de son action; celui de M. Grove, par sa force; quant à ma batterie, ce qui la distingue, c'est la quantité d'électricité qu'elle développe et la simplicité de sa construction. Aucun de ces appareils ne peut être considéré comme parfait, car chacun d'eux manque de quelqu'une des qualités des autres; il faut espérer qu'on parviendra à réunir dans une seule batterie tous les avantages que présente chacun de ces systèmes séparément.

Dans l'état actuel de la science, lequel des trois doit-on préférer? Cela dépend de l'usage qu'on veut en faire, et l'expérimentateur est seul juge de cette question. Quant à moi, la batterie à éléments d'argent platiné a complètement répondu à mon attente; cependant elle a été trop louée par les uns et trop blâmée par les autres. D'abord, elle a été soumise à des expériences qui ne lui étaient point applicables; c'est ainsi qu'on a voulu apprécier son intensité, tandis que la quantité est sa qualité distinctive. Malgré ces exagérations contradictoires, son utilité a été sanctionnée par l'expérience, et le public y a eu recours avec un empressement auquel j'étais loin de m'attendre. La raison qui fait préférer ma batterie, surtout dans l'industrie, est qu'elle n'offre pas de tubes poreux, qu'elle n'exige pas l'emploi d'acides concentrés, et qu'elle ne laisse point échapper d'émanations toxiques. Son action peut durer pendant deux, trois et même un plus grand nombre de jours, quand on a soin de la charger d'une suffisante quantité d'acide. Le zinc n'a souvent besoin d'être amalgamé qu'une seule fois; et il faut très-peu de temps pour mettre cette bat-

terie en activité, ou pour l'y maintenir. Enfin les frais qu'elle exige sont très-minimes (1) et proportionnés à la puissance qu'on veut obtenir.

57. Voici un état approximatif des dépenses qu'exigent ces trois batteries. 1° Dans la mienne, ces frais dépendent du zinc qui est dissous par l'acide : zinc + acide + une faible action locale. Dans la batterie à effets constants de Daniell, il y a zinc + acide + sulfate de cuivre + une forte action locale. Chaque cellule de cette dernière, pour fournir un résultat donné, coûte deux fois autant que la même force obtenue à l'aide de la mienne. Dans la batterie de Grove, il y a zinc + acide + acide nitrique réduit par l'hydrogène + acide nitrique combiné avec de l'ammoniac qui s'est formé pendant l'action de la pile + une grande perte de zinc = à trois fois celle qui a lieu dans la mienne.

58. La construction des différentes formes de piles galvaniques a été passée en revue, et les principes sur lesquels les détails de chacune d'elles sont fondés, ont été exposés en peu de mots, car il faudrait un volume pour traiter ce sujet avec toute l'étendue qu'il comporte (2).

CHAPITRE II.

DES PROPRIÉTÉS DES BATTERIES GALVANIQUES.

Phénomènes des batteries en action, 59. — Galvanomètre d'Harris, 60. — De l'étincelle, 61. — Bouteille de Leyde chargée par l'électricité voltaïque, 62. — Effets physiologiques, 63. — Magnétisme, 64-68. — Galvanomètres, 68-70. — Aimant passager en forme de fer à cheval, 70-74. — Cellule de décomposition, voltamètres, pôles, 74-85. — Lois de la décomposition voltaïque, 85-87. — Table des équivalents chimiques, 87. — Liquide nécessaire pour la décomposition, 88. — Faculté conductrice du liquide employé à la décomposition, 89-90. — Intensité nécessaire pour la décomposition, 91. — Electrolysie; décomposition électro-chimique, 92-99. — Théorie de Daniell, 99-100. — Etat du liquide pendant la décomposition, 101. — Influence de la température du liquide, 102. — Formule de Ohm, 103.

59. Après avoir décrit les différentes formes de piles galvaniques, nous sommes conduit tout naturellement à étudier les effets qu'elles produisent : ces derniers sont nommés effets

(1) 56. On trouvera à l'Appendice un tableau comparatif des intensités des différentes piles galvaniques. Ce tableau, dressé avec soin par M. Joule, est le résumé de nombreuses expériences qu'il a faites. Il achèvera d'éclairer le lecteur sur la construction de la pile qu'il devra préférer pour les travaux électro-métallurgiques.

En terminant ce qui a rapport aux piles galvaniques, nous ne saurions trop prémunir nos lecteurs contre les spéculations intéressées de certains marchands d'instruments de

(2) La première partie de l'Appendice est consacrée à la description d'un grand nombre d'autres piles.

galvaniques, et le principe qui leur donne naissance est appelé galvanisme.

Le signe qui démontre qu'une batterie est en action, est le changement qui a lieu dans chacune de ses cellules. Dans celle de Daniell, on remarque un dépôt de cuivre sur le métal négatif. Dans celle de Grove, c'est un dégagement de gaz acide nitreux; dans la mienne, c'est de l'hydrogène qui se dégage. Ces différents phénomènes mesurent exactement la quantité du courant; mais, dans les deux premières piles, aucune mesure exacte ne peut être immédiatement fournie; dans la dernière, l'hydrogène recueilli dans l'une des cellules, à l'aide d'un ballon de verre, fait apprécier cette quantité avec exactitude.

Cette propriété de ma batterie est d'une grande valeur pour l'artisan et l'expérimentateur, car elle peut indiquer, par le murmure de l'hydrogène qui se dégage, si les communications sont bien établies et quelle est la quantité du courant produit, fait d'une haute importance dans l'électrotypie.

60. Un autre phénomène qui se montre dans l'emploi d'une pile, est la faculté qu'a cette dernière de rougir les fils métalliques d'un diamètre suffisant pour laisser passer immédiatement le fluide. A l'aide de cette faculté, les métaux les plus réfractaires, tels que le platine, le palladium, l'or, le cuivre, le fer et l'acier, peuvent être fondus en peu d'instants. Le volume des fils métalliques fondus dépend de la quantité d'électricité qui se développe, tandis que la longueur de fil qui entre en fusion dépend de l'intensité du courant.

M. Snow Harris a tiré un parti ingénieux de cette propriété pour construire un instrument propre à mesurer le courant galvanique : il consiste en un fil métallique délié qu'on fait passer à travers un thermomètre à air d'une grande délicatesse. L'expansion de l'air fait connaître le degré de

chimie. Leurs prospectus renferment l'annonce d'appareils galvanoplastiques, prétendus brevetés, et qu'ils donnent comme supérieurs à tous les autres. Ce n'est pas ainsi qu'en ont usé les Daniell, les Grove, les Jacobi, les Smee, les Lenz, les Becquerel, et tous ceux qui ont donné une si belle impulsion à l'étude des phénomènes galvaniques. Ces savants ont livré à la publicité tous les détails de la construction de leurs appareils; ils sont tous fort simples, et un amateur intelligent pourra les construire sans peine. Qu'on se tienne donc en garde contre ces appareils mystérieux annoncés avec tant de pompe, et qui n'ont sur les autres qu'un seul avantage, celui de rapporter de gros bénéfices au marchand qui les établit.

Dans la plupart des cas, et pour les expériences sur une petite échelle, les appareils à une seule cellule, dont la construction est si simple, seront suffisants. Et si l'on voulait faire des expériences plus en grand, l'appareil de M. Sorel, décrit à l'Appendice, *page* 178, répondra à toutes les exigences en augmentant dans de justes proportions la forme et le nombre de ces couples.

température du fil métallique. Cet instrument ne peut avoir de valeur que quand on emploie des fils d'un grand et d'un petit diamètre, dans deux expériences différentes; sans cela on n'estimerait qu'une seule des propriétés de la pile.

61. Une autre propriété que possède une pile, c'est celle de mettre en ignition des corps pointus en métal ou en charbon, lorsqu'ils sont en communication avec les pôles, et qu'on les maintient simplement en contact; on ne tarde pas alors à apercevoir une lumière extrêmement brillante; c'est ce qu'on a nommé l'*étincelle*. De grandes discussions ont eu lieu parmi les savants sur le point de savoir à quelle distance l'étincelle pouvait passer. Quelques-uns ont soutenu qu'elle pouvait traverser une petite distance. Jacobi, cependant, pensait que cette dernière était fort petite. M. Grassiot, pour éclairer la question, fit agir cent séries des plus grandes batteries du professeur Daniell; mais à l'aide de cet appareil, et malgré l'emploi du micromètre le plus délicat, il ne réussit point à faire passer l'étincelle à une distance appréciable, et même cette puissante batterie restait sans action si les corps étaient séparés par une distance égale à l'épaisseur d'une feuille de papier. Dans un des derniers numéros du *Magasin philosophique*, M. Crosse a fixé de nouveau l'attention sur ce point en publiant qu'à l'aide d'une grande série de piles à eau, qui sont en sa possession, il avait réussi à obtenir l'étincelle à une petite distance. Il se proposait de porter sa batterie à mille cellules, afin d'éclairer complètement ce point.

L'étincelle paraît dépendre particulièrement de la combustion de petites particules métalliques, et lorsqu'on emploie du charbon ou du coke, on présume que les particules de ces corps sautent d'un pôle à l'autre, en sorte que le charbon d'un pôle s'use à mesure que le charbon de l'autre pôle augmente aux dépens du premier, jusqu'à ce que la lumière ou flamme se trouve encaissée dans une masse de matière carbonisée. Cette circonstance a empêché jusqu'ici d'utiliser cette flamme brillante. Le phénomène de l'étincelle exige de l'intensité dans le courant pour se produire. Une série de batteries de Grove est plus propre que toutes les autres à la faire naître. Le professeur Wheatstone a établi par les expériences les plus ingénieuses que la durée de l'étincelle n'excédait pas la millionième partie d'une seconde.

62. Une autre propriété qu'offrent les batteries galvaniques, c'est la faculté qu'elles ont de charger la bouteille de

Leyde; mais cette propriété, qui est de peu d'importance, exige une grande intensité dans le courant. Une longue série de batteries doit être mise en usage pour obtenir ce résultat.

63. La commotion produite par une bouteille chargée de fluide galvanique dépend de la même cause que celle que produit une bouteille chargée d'électricité. Cette commotion est une véritable contraction convulsive des muscles produite par la force de la batterie; ce singulier effet exige généralement une série pour se produire; on ne le ressent que quand on établit la communication ou qu'on la rompt. L'effet est le même avec une petite série, si l'expérimentateur présente une solution de continuité à l'un de ses doigts.

Quand on veut obtenir la commotion sur le cadavre d'un animal, il faut enfoncer une épingle dans l'épaisseur de la peau qui recouvre sa tête, et une deuxième épingle à l'une des jambes de derrière; alors, chaque fois que les pôles de la batterie seront mis en communication avec ces épingles, de fortes convulsions se manifesteront; les mêmes effets se produiront anssi toutes les fois que cette communication sera interrompue. Si l'expérimentateur applique une lame de zinc sur la lèvre supérieure et une lame de platine sous la face inférieure de sa langue (et vice versâ), et qu'on les mette toutes deux en communication, on apercevra des bluettes, que les paupières soient ouvertes ou fermées; on n'a donné aucune explication de ce fait singulier. Tous les phénomènes ci-dessus indiqués sont nommés effets physiologiques du galvanisme.

64. Les batteries galvaniques ont la propriété de produire certains effets qu'on nomme magnétiques et qu'on présume être le principe du magnétisme. Il serait impossible de définir le magnétisme comme on le fait pour le galvanisme et l'électricité, attendu que nous ne connaissons le premier que par ses propriétés. Il n'y a que deux métaux qu'on puisse aimanter, ce sont le fer et le nickel. L'identité du magnétisme et de l'électricité, ainsi que les autres branches de la physique, doivent de nombreuses découvertes à Faraday; mais, quoique l'étude du magnétisme soit pleine d'intérêt, il n'entre dans notre sujet d'en traiter ici que pour expliquer les effets du galvanisme.

65. Le courant voltaïque, quand il pénètre à angles droits dans un morceau de fer dont on le sépare par un corps non conducteur, y développe les propriétés connues sous le nom de magnétiques; car, si on le met en contact avec un autre

fragment du même métal, celui-ci sera attiré vers le premier. La puissance magnétique se développe avec d'autant plus de force, que le courant passe plus souvent autour du fer. C'est pour cette raison qu'on entoure plusieurs fois ce métal avec un fil métallique recouvert de soie ou de coton; le but qu'on se propose à l'aide de cette disposition est de faire passer le même courant plusieurs fois à angles droits dans le métal. Quand le courant cesse, ce qu'on obtient en rompant la communication entre le fer et la batterie, on observe une différence qui dépend de la nature du fer; car, si ce dernier est du fer doux et malléable, l'aimantation cesse immédiatement; de là, le nom d'aimant *passager* qu'on lui impose; et si on emploie dans l'expérience de l'acier très-dur, l'aimantation n'est pas si forte, mais de plus longue durée; l'aimant, dans cet état, se nomme *permanent*.

66. Un barreau d'aimant permanent, quand il est suspendu en équilibre, dirige toujours une de ses extrémités vers le pôle-nord de la terre, et l'autre vers le pôle-sud; mais si on fait passer un courant galvanique autour de cet aimant permanent et dans la direction de son axe, l'aiguille aimantée sera déviée à l'instant et se placera à angle droit avec sa première direction : c'est sur ce principe qu'on a construit l'instrument connu sous le nom de galvanomètre.

67. La direction que prend l'aiguille, quand elle se dévie, sera mieux comprise à l'aide de l'artifice suivant, rapporté par Daniell : il faut supposer que l'observateur lui-même remplit l'office de fil conducteur et que le courant électrique passe de sa tête à ses pieds tandis qu'il regarde l'aimant; le pôle-nord sera toujours à main droite. Cet ingénieux artifice est applicable à toutes les positions de l'aiguille, pourvu que l'observateur soit au-dessus ou au-dessous du plan de l'aiguille.

68. Les galvanomètres sont construits d'une manière différente, selon la délicatesse des expériences auxquelles on les soumet. En général, il suffit d'employer une aiguille semblable à celle d'une boussole; un fil métallique couvert de soie ou de coton doit être enroulé autour de cette aiguille, dans la direction de son grand axe. Les deux extrémités du fil peuvent être plongées dans des vases pleins de mercure, ce qui fournit le moyen d'unir ces extrémités avec les pôles de la batterie.

69. Un galvanomètre d'une construction plus délicate peut être fait en employant deux aiguilles suspendues, de manière que le pôle-nord de l'un est placé sur le pôle-sud de l'autre.

Les polarités sont ainsi neutralisées et ne se trouvent plus sous l'influence du magnétisme terrestre : dans cet état, on les nomme astatiques. On les suspend généralement par un brin de soie de la plus grande ténuité, en sorte que le plus léger courant galvanique agit sur elles. Il est bon que l'une des aiguilles ait une légère prépondérance, afin qu'une trop longue vibration ne vienne pas troubler l'opération. Un instrument comme celui-ci ne s'emploie que pour les expériences les plus délicates.

70. Il y en a une autre variété qu'on nomme galvanomètre à torsion, parce qu'il est fondé sur le principe de la résistance produite en tordant une substance élastique ; par ce moyen on est en état d'apprécier les différences qui ont lieu dans les faibles courants.

71. Quelqu'utile que soit cet instrument pour apprécier les faibles courants, de grandes quantités d'électricité sont rarement mesurées à l'aide des effets magnétiques. L'emploi bien dirigé du magnétisme est une addition importante faite à nos instruments pour apprécier les courants voltaïques. Pour mesurer la quantité d'électricité dans un courant galvanique quelconque, on doit prendre un morceau de fer doux et le courber en lui donnant la forme d'un fer à cheval. Un fil de cuivre d'une grosseur convenable, couvert de soie ou de coton, doit être enroulé autour de ce fer, les deux extrémités sont laissées libres afin d'être mises en communication avec la batterie. Un morceau de fer doux, auquel on fixe un crochet, sert à soutenir un poids quelconque, et c'est le chiffre de ce poids qui indique la force du courant.

Cet instrument n'a de valeur que pour les expériences comparatives, attendu que des résultats divers sont toujours obtenus avec des aimants différents, la qualité du fer employé exerçant une influence matérielle sur les résultats des expériences. Mais si on emploie le même aimant, si le diamètre du fil est suffisant, et si sa longueur est modérée, la résistance offerte au courant sera à peine appréciable, et la quantité relative d'électricité dégagée, indépendamment de son intensité, peut être rigoureusement déterminée.

72. Les aimants *passagers* sont trop fréquemment faits avec un fil très-délié, et d'une longueur considérable. Dans ce cas, la somme de magnétisme indiquée par le courant, cesse d'être une mesure exacte de la quantité d'électricité qui passe, parce qu'il faut qu'il y ait de l'intensité pour vaincre la résistance

apportée par les fils au passage du courant. C'est pour cette raison que les instruments électro-magnétiques qui présentent plusieurs aimants, et des fils d'un petit diamètre, exigent l'emploi de plusieurs cellules, pour faciliter le passage du courant.

73. Ce n'est pas encore ici le lieu de donner une estimation comparative de la quantité d'électricité qui se forme, et de celle qui peut être obtenue par la décomposition chimique; mais comme l'aimant n'exige que fort peu d'intensité, et que celle-ci dépend du volume des fils, il est probable qu'une cellule de l'une des batteries précédemment décrites suffira pour faire l'expérience. Si cependant la décomposition de l'eau est faite comme expérience, on doit employer un nombre suffisant de cellules pour vaincre la résistance qu'éprouve le courant; mais aussi, de cette manière, si on opère plusieurs combinaisons dans un but expérimental, on aura à supporter beaucoup de frais.

74. Si les différents phénomènes décrits jusqu'ici sont aussi pleins d'intérêt que d'obscurité, combien n'en est-il pas ainsi relativement à la propriété que possède la pile pour décomposer différents corps, et vaincre les affinités les plus puissantes en vertu desquelles les corps sont combinés! Ce sont surtout les travaux de H. Davy et de Faraday qui ont éclairé ce sujet, quoique Daniell et plusieurs autres les aient suivis dans ce vaste champ.

75. La cellule à décomposition doit être assimilée à la cellule d'une batterie, sauf la différence des métaux et de la dissolution, suivant les expériences qu'on se propose de faire. Anciennement le volume des plaques plongées dans cette cellule était considéré comme peu important, de simples fils étaient employés; mais aujourd'hui on fait ces plaques plus grandes. C'est surtout M Grove qui a insisté sur cette particularité, et on doit s'y conformer scrupuleusement.

76. Il y a plusieurs formes de cellules à décomposition dont l'emploi peut être utilisé suivant le but qu'on se propose. La plus simple est le tube en forme de V, qui n'est autre chose qu'un tube en verre recourbé de manière à représenter la lettre V; une petite lame de platine est placée dans chaque branche du tube, avec la dissolution; l'une de ces branches est mise en communication avec le pôle négatif de la pile, et l'autre branche avec le pôle positif.

77. Une autre forme de cellule à décomposition a été ima-

ginée par M. Faraday; elle est propre à donner la mesure de la quantité de gaz qui se dégage quand l'eau se décompose; il lui a donné le nom de *voltamètre*, comme servant à indiquer la quantité d'électricité produite. Il y en a plusieurs variétés, qui diffèrent suivant la quantité du gaz qu'on veut mesurer. Si on ne veut en mesurer qu'une petite quantité, on fixe deux morceaux de platine à environ 7 millimètres (3 lignes) l'un de l'autre, et un tube, gradué en centimètres cubes, est placé sur ces fragments, afin de recueillir les gaz : quelquefois on se sert de deux tubes; on place chacun d'eux sur chaque pôle, afin de recueillir séparément les gaz qui se dégagent. Dans d'autres cas, quand on veut mesurer de grandes quantités de gaz, on emploie un tube recourbé qui se rend du haut de l'appareil dans un ballon gradué qu'on place sur une cuve pneumatique. Cet instrument doit présenter une disposition plus compliquée quand l'expérimentateur désire connaître les changements qui surviennent dans la dissolution, car alors on se sert de tubes poreux en terre, en membrane de vessie, etc., pour séparer les deux pôles, et pour empêcher la dissolution de passer librement d'un côté à l'autre. Les substances qui exigent l'action de la chaleur, pour être amenées à un état propre à favoriser leur décomposition, se mettent généralement dans un tube contenant deux fils fins de platine qui servent de pôles quand on les met en communication avec la batterie.

78. Quand j'ai décrit l'appareil dont on se sert habituellement pour opérer les décompositions, j'ai dit que tous, en général, présentent deux fragments de platine séparés l'un de l'autre, mais pouvant être réunis à chaque pôle de la pile. Ces morceaux de platine ont reçu l'incompréhensible dénomination de pôles, l'un d'eux peut être considéré comme tenant lieu de métal négatif, et se nomme pôle négatif, l'autre est appelé pôle positif.

79. Cependant M. Faraday, n'approuvant pas le nom de pôles, a substitué le nom de *cathode* à celui de pôle électro-négatif; de son côté M. Daniell, peu satisfait de cette nouvelle dénomination, l'a remplacée par celle de *platinode*. Ces trois dénominations, *pôle électro-négatif*, *cathode* et *platinode*, sont donc synonymes et s'appliquent au métal sur lequel aucune action n'aurait eu lieu s'il avait été mis dans une batterie ordinaire. Le pôle opposé remplit les mêmes fonctions, dans la

décomposition, que le zinc dans une pile ordinaire, et porte le nom d'*électro-positif*, *anode ou zincode* de la batterie.

Le docteur Faraday considère les pôles comme des passages ou des portes par lesquelles l'électricité entre ou sort de la dissolution qu'on soumet à la décomposition : c'est pour cette raison qu'il les a nommés *électrodes*. Les corps bons conducteurs sont les plus propres à servir de pôles, et c'est pour cette raison qu'on donne la préférence aux métaux ; mais l'eau et l'air ont été également employés comme pôles.

80. Le métal employé dans la construction d'un voltamètre de Faraday ne doit éprouver aucune modification soit de la part de la dissolution dans laquelle il est placé, soit de la part des corps qui peuvent se montrer à sa surface. Sous ce rapport le platine est préférable à toute autre substance, car tous les autres métaux sont susceptibles de s'oxyder et même de se dissoudre.

81. Une grande confusion est résultée de ce qu'au lieu de considérer la cellule à décomposition comme identique à la cellule d'une batterie, on a rapporté les effets qu'elle produit à l'élément de la batterie avec lequel communique le pôle.

Le fait est que, lorsque les plaques extrêmes sont réunies par un fil, le circuit est complet, et le platine de la batterie est le platinode du pôle électro-négatif ou cathode de cette dernière.

Quand le circuit est complété par un liquide qu'on soumet à la décomposition, l'effet ne saurait être attribué aux plaques terminales de la batterie, mais bien à celles de la cellule à décomposition avec lesquelles elles alternent ; en sorte que le zinc terminal de la batterie étant mis en communication avec le platine de la cellule à décomposition, la dénomination ne doit pas être tirée du zinc de la batterie, mais bien du zinc de la cellule à décomposition ; on doit donc l'appeler platinode de la batterie. Le contraire de ceci s'applique au platine terminal de la batterie ; car, puisque le platine qui communique avec la cellule à décomposition tient la place du zinc dans les autres cellules (le platine étant substitué au zinc pour produire le dégagement de l'oxygène et pour empêcher sa combinaison), la dénomination doit être empruntée au platine de la cellule à décomposition, lequel tient la place du zinc, et non pas à la plaque terminale de la batterie ; il faut donc l'appeler zincode, ou anode de la batterie. On a donné une

explication différente de ce changement dans les pôles, quand le circuit est complété par une dissolution qu'on soumet à la décomposition, au lieu de l'être par des fils métalliques ; on a supposé que les deux plaques extrêmes, dans une batterie composée, ne remplissaient d'autre office que celui de conducteurs du courant ; mais cette opinion ne peut se soutenir à la discussion.

82. Nous avons vu que la cellule à décomposition n'est autre chose qu'une cellule de batterie, qu'on modifie suivant les différents genres d'expériences ; il s'ensuit nécessairement que dans toute cellule il y a une égale somme d'action chimique. On peut mesurer l'électricité produite dans toute autre cellule, et cette mesure indiquera exactement l'action produite.

83. Quant à l'importance de l'appareil à décomposition ou du voltamètre, nous devons faire une remarque : tant qu'il s'agit d'évaluer la somme d'action chimique qui a lieu, le voltamètre présente une grande utilité ; mais si l'on veut comparer soit la somme d'électricité qui peut être produite par les combinaisons de plusieurs métaux, soit les effets produits par la différence dans les dispositions de l'appareil, soit enfin la résistance que plusieurs corps offrent au passage du courant, on doit alors se souvenir que si on emploie deux pôles de platine, une forte résistance se présente au passage du courant, ce dont il faut tenir compte si l'on veut obtenir des résultats exacts. Pour avoir négligé ces particularités, plusieurs chimistes distingués ont commis des erreurs notables, et on n'a pas tenu compte de faits qui sans cela auraient été remarqués.

84. Un voltamètre bien supérieur aux précédents pourrait être construit en employant une des cellules de la batterie en argent platiné, et en recueillant les gaz qui se dégagent du métal négatif. Cet appareil offre peu de résistance au passage de l'électricité et donne aussi des résultats plus exacts.

85. Quand j'ai dit que l'action est semblable dans chaque cellule, je ne veux pas insinuer que le même poids de métal ou de sel est décomposé dans chaque cellule, mais seulement, que l'équivalent d'une substance quelconque est décomposé dans chaque cellule. Par exemple, si 59 milligrammes (1 grain) d'hydrogène se formeut dans la première cellule, 212 centigrammes (40 grains) de chlore se formeraient dans la deuxième, 51 décigrammes (96 grains) de platine dans une troisième, et 107 décigrammes (210 grains) d'or dans une quatrième cellule, parce que ces chiffres sont les équivalents chimiques de chacune de ces différentes substances.

86. Le terme *équivalent chimique* semblerait indiquer qu'il ne s'applique pas à quelque chose de bien intelligible; malheureusement ce n'est que trop vrai, et cette doctrine est fort difficile à comprendre pour les commençants. Cependant tout ce mystère s'éclaircit par l'hypothèse suivante : Imaginons, en effet, que tout corps élémentaire est susceptible d'être divisé en atômes, et que les atômes de ces corps sont de volume et de poids différents; il est évident, dans ce cas, que si nous groupons ces atômes ensemble pour en former un corps composé, il faudra se servir de différents poids; ainsi, si on combine de l'or avec de l'hydrogène, 107 décigrammes (210 grains) du premier ne prendront que 59 milligrammes (1 grain) du second; et cependant il n'y aura qu'un atôme de chacun d'eux, ou bien, si 59 milligrammes (1 grain) d'hydrogène se dégagent dans la batterie, 107 décigrammes (210 grains) d'or seront déposés dans la cellule à décomposition.

87. On trouvera ci-après une table des équivalents chimiques des substances dont j'aurai à traiter dans cet ouvrage : on peut les considérer comme les poids des atômes primitifs; ainsi, si on est en état d'établir le poids du zinc dissous, de l'hydrogène dégagé, et du métal réduit, on pourra établir, dans tout autre cas, combien, en poids ou en volume, une substance quelconque serait précipitée dans des circonstances analogues.

	Equivalents en poids.
Hydrogène.	1
Oxygène.	8
Chlore.	36
Potassium.	40
Soufre.	16
Zinc.	32
Plomb.	104
Etain.	58
Fer.	28
Cuivre.	32
Or.	200
Platine.	96
Palladium.	54
Argent.	110
Nickel.	28
Chlorure de platine.	132
Chlorure d'or.	308

	Equivalents en poids.
Sulfate de cuivre.	125
Nitrate de cuivre anhydre. . .	94
Sulfate de zinc.	143
Sulfate de fer.	139
Nitrate de cuivre.	170
Acide sulfurique.	40
Acide nitrique.	54
Acide hydrochlorique.	37
Ammoniaque.	17

Comme 1 décimètre 983 centimètres 637 millimètres cubes (100 pouces cubes) d'hydrogène pèsent 124 milligrammes (2 grains 1710), il s'ensuit que pour chaque 932 centimètres 310 millimètres cubes (chaque 47 pouces cubes) de gaz hydrogène dégagé de ma batterie, il y aurait de réduit 1 gramme 737 milligrammes (32 grains) de cuivre, 5 grammes 108 milligrammes (96 grains) de platine, et 10 grammes 797 milligrammes (200 grains) d'or ; et l'équivalent de toute autre substance ferait connaître, en grammes et fractions de gramme (ou en grains), la quantité précipitée.

88. Après avoir fait connaître les différentes variétés d'appareils à décomposition, je vais exposer les lois qui découlent de leur emploi. Ces lois ont été l'objet de recherches de la part de Faraday. Tous les corps doivent se trouver dans un état particulier pour subir la décomposition ; car on ne peut exercer aucune action sur un corps solide, tant qu'il reste dans cet état ; mais lorsque ces sortes de corps ont été soumis à l'action du calorique, ils cèdent facilement leurs éléments : par exemple, le chlorure d'argent mêlé à de l'acide sulfurique étendu peut être décomposé par une seule cellule de zinc et de platine, quoique aucune puissance voltaïque ne puisse décomposer ce corps quand il est à l'état solide. Il y a pourtant des exceptions apparentes à cette loi, comme la décomposition du sulfate de chaux ou de la baryte mêlés à l'eau. Cependant le premier de ces corps est assez soluble ; on ne peut pas en dire autant du second, quoique probablement il y en ait une petite quantité de dissoute, et qui se décompose ; de cette manière le liquide n'étant pas saturé, en dissout encore, ce qui se répète jusqu'à ce que le tout soit dans un état complet de dissolution.

89. Aucun fluide ne peut être décomposé, à moins qu'il ne soit bon conducteur : ainsi, l'eau pure, qui est un mauvais con-

ducteur, n'abandonne pas ses éléments; tandis que si on y ajoute des acides ou des alcalis, elle se décompose facilement en devenant conductrice. On peut aussi rendre l'eau bon conducteur en y mêlant des sels neutres.

Règle générale, les liquides se décomposent dès qu'ils livrent passage au fluide électrique; c'est pour cette raison qu'aussitôt que l'eau est devenue bon conducteur, elle est décomposée, et ne conduit pas plus d'électricité qu'il n'en faut pour que sa décomposition s'opère.

90. Cependant, quelques liquides, bons conducteurs, peuvent livrer passage à un courant de moindre intensité que celui que nécessite leur décomposition; et, par conséquent, ces deux lois développées par Faraday ne sont pas exactement réciproques. Des exemples d'exceptions à cette deuxième loi se trouvent dans le chlorure de plomb et dans le nitrate de potasse fondu, qui conduisent de faibles courants sans se décomposer.

91. Une certaine intensité est nécessaire pour opérer la décomposition des corps, et cette dernière diffère suivant leur nature; ainsi une dissolution d'iodure de potassium, ou de chlorure d'argent fondu, cède à l'action d'une seule batterie, tandis que l'acide sulfurique étendu et d'autres substances exigent plus d'intensité pour produire le même effet. Voici, d'après Faraday, une courte liste des substances placées par ordre, suivant qu'elles ont plus ou moins de facilité à abandonner leurs éléments :

Iodure de potassium	(en dissolution).
Chlorure d'argent	(fondu).
Proto-chlorure d'étain	(fondu).
Chlorure de plomb	(fondu).
Iodure de plomb	(fondu).
Acide hydrochlorique	(fondu).
Eau (acidulée avec l'acide sulfurique).	

92. Quelques corps se décomposent immédiatement dès que le fluide voltaïque se dégage : telle est l'eau qui se sépare en ses éléments, l'oxygène et l'hydrogène, seulement sous l'influence de l'action *élective* des courants. C'est là ce que M. Faraday a nommé *électrolysie*, parce que les éléments du corps semblent en quelque sorte arrachés directement de leurs combinaisons par la force voltaïque; l'électrolysie est ainsi appelée pour la distinguer d'une autre importante propriété

qui sera indiquée plus loin. Il a nommé *ions* les éléments qui sont désunis, et qui se portent, l'un vers le pôle électro-positif (anode ou zincode), tandis que l'autre se porte au pôle électro-négatif (cathode ou platinode) de la batterie; ceux qui se rendent au premier pôle se nomment *anions*, et ceux qui vont au deuxième pôle, *cathions*.

93. Les pôles ou électrodes n'exercent aucune attraction sur les corps élémentaires tant qu'ils sont à l'état simple, car il faut qu'ils soient à l'état de combinaison pour que le fluide voltaïque exerce son action sur eux. C'est pour cette raison qu'une dissolution simple de chlore, de brôme, etc., n'abandonne ces substances ni à l'un ni à l'autre pôle.

94. Les corps susceptibles d'être décomposés doivent contenir un équivalent de chaque élément, c'est-à-dire doivent être composés d'un des atômes dont nous avons parlé N° 87. Une seule exception à cette loi se trouve dans le periodure de mercure, composé néanmoins si peu stable, que la plus légère exposition à la lumière provoque sa décomposition. Les acides *sulfurique* et *phosphorique* ne sont pas par eux-mêmes électrolytes, c'est-à-dire qu'ils ne cèdent pas directement leurs éléments sous l'influence de l'action voltaïque, parce qu'ils sont formés d'un atôme de phosphore ou de soufre pour trois atômes d'oxygène.

95. Il n'est pas nécessaire qu'une substance soit directement composée d'éléments pour être en état de passer aux électrodes ou pôles. En d'autres termes, les corps, composés de substances composées elles-mêmes, sont des *ions* aussi bien que ceux qui sont composés de substances simples. Ainsi, les acides sulfurique, phosphorique, arsenique et quelques autres, sont des *ions* par rapport au pôle électro-positif ou anode, tandis que presque tous les protoxydes, l'ammoniaque, la potasse et plusieurs autres corps, sont des *ions* par rapport à l'autre pôle. Voici une liste des ions simples et composés, dressée par Faraday :

Anions.

Oxygène,	Cyanogène,
Chlore,	Soufre,
Iode,	Sélénium,
Brôme,	Sulfo-cyanogène,
Phtore,	Acides.

Cathions.

Hydrogène,	Tous les métaux,

Oxydes métalliques,	Les alcalis végétaux, tels
Les terres;	que la morphine, etc.,
Les alcalis,	etc.

96. La même substance, dans des circonstances différentes, se portera successivement vers un pôle différent, attendu que, dans certains cas, elle jouera le rôle de base, et, dans d'autres, celui d'acide. Un exemple vulgaire peut être puisé dans l'oxyde de cuivre, lequel, quand il est combiné avec les acides sulfurique, nitrique, hydro-chlorique, ou tout autre acide, se rend au pôle négatif ou cathode, tandis que, combiné à l'ammoniac, il joue le rôle d'un acide et se rend à l'anode ou pôle positif.

97. Si on trouve un corps à l'un des pôles de la batterie, on n'est nullement certain qu'il y est arrivé par la décomposition directe, opérée par le courant voltaïque, attendu que, si le composé dont il faisait partie est dissous dans l'eau, les éléments de cette dernière, étant mis en liberté, jouent souvent un rôle important dans la formation de nouvelles combinaisons qui résultent ainsi d'effets secondaires. Ainsi, par exemple, la dissolution aqueuse d'un sel métallique, tel que celui de cuivre, étant soumise à l'action d'un courant voltaïque, l'hydrogène se porte au cathode, et l'oxygène à l'anode; mais, pendant que ce changement a lieu, l'oxyde de cuivre passe au cathode et l'acide sulfurique à l'anode; l'hydrogène s'empare de l'oxygène de l'oxyde de cuivre, et forme de l'eau, tandis que le cuivre se précipite à l'état métallique sur l'électrode, non pas par suite d'une action directe du fluide voltaïque, mais par suite d'un effet secondaire, qui doit être attribué à l'hydrogène. Quelquefois ces éléments se combinent avec les pôles ou électrodes, de manière à former de nouvelles combinaisons; par exemple, si les pôles sont de nature à s'oxyder facilement, l'oxygène formera un oxyde, et de même, si toute autre substance est mise en contact avec les gaz pour lesquels elle a beaucoup d'affinité, une combinaison semblable aura lieu; de là une série de résultats beaucoup plus nombreuse que les effets électrolytiques, et qu'on a nommés décompositions secondaires ou électro-chimiques; quelquefois ces résultats secondaires sont plus compliqués, mais pas plus, cependant, que l'effet extraordinaire que nous avons dit être produit par l'oxygène sur le ferro-cyanure jaune de potasse, attendu que ce gaz, en se combinant avec une partie du potassium du ferro-cyanure, donne naissance à un sel tout nouveau.

98. Les effets secondaires de l'oxygène et de l'hydrogène ont été démontrés par des expériences nombreuses et bien faites; mais on n'a pas encore pu parvenir à prouver que l'hydrogène, provenant de la décomposition de l'eau, réduisît les métaux à l'aide du courant voltaïque. Cependant, en faisant des expériences sur les corps simples non métalliques, on observa que le coke poreux et le charbon retenaient une portion d'hydrogène, quand ces substances formaient le pôle positif ou négatif de la batterie. On observa aussi que, quand on les plongeait dans une dissolution de sulfate de cuivre, elles se revêtaient immédiatement d'une couche de ce métal, ajoutant ainsi un fait positif aux données de la théorie.

99. Le professeur Daniell, dans une note lue à la Société royale, a donné une théorie entièrement neuve touchant la manière dont les sels métalliques sont quelquefois décomposés. Il suppose que l'acide et l'oxygène passent d'un côté, et le métal de l'autre.

D'après ces considérations, il a fourni de nouvelles données sur la composition des sels; ainsi, le sulfate de cuivre, au lieu d'être formé de : acide sulfurique + oxyde de cuivre, consisterait en : acide sulfurique + oxygène + cuivre. Les deux premiers éléments, en les considérant comme étant en état de combinaison, sont nommés oxysulfions, et le sel, oxysulfion de cuivre; de même, le radical des nitrates est nommé oxynitrion; celui des carbonates, oxycarbion; celui des oxalates, oxalion; celui des sulfates, sulfion, etc.

Un autre fait important est contenu dans cette note, c'est la propriété que possède le courant électrique de décomposer deux substances dans la même dissolution; ainsi une eau acidulée et un sel métallique peuvent être décomposés en même temps, le courant se divisant entre eux.

100. Nous avons vu jusqu'ici que les corps peuvent être décomposés de deux manières : 1° soit en cédant directement leurs éléments au courant voltaïque, quand le composé est formé d'équivalents uniques; 2° soit par une action secondaire provenant des changements qui arrivent souvent comme résultats d'une nouvelle décomposition, ou combinaison des éléments de la première substance décomposée, avec d'autres substances qui se trouvent dans leur sphère.

101. Le liquide placé entre les électrodes n'éprouve, en apparence, aucun changement pendant que la décomposition s'opère, c'est-à-dire, que les effets de la décomposition ne se

montrent qu'aux pôles; ainsi, si le sulfate de cuivre est décomposé, l'acide sulfurique se rend d'un côté, et l'oxyde de cuivre d'un autre, et cependant on ne trouvera ni oxyde ni acide dans les parties intermédiaires de la dissolution. Ces expériences réussissent mieux quand on se sert d'un vaisseau plat et allongé, séparé, par deux diaphragmes poreux, en trois compartiments, dont les plus extérieurs (ceux qui sont aux extrémités) reçoivent les électrodes.

102. La température dans laquelle il faut maintenir la dissolution qu'on soumet à la décomposition, influe sur son pouvoir conducteur. Un liquide, bon conducteur à la température ordinaire, permettra difficilement le passage du fluide galvanique, quand sa température deviendra à — 0°, tandis qu'à celle de l'eau bouillante, le passage sera des plus faciles; il est donc important d'élever la température des dissolutions, quand on veut opérer une vaste décomposition en peu de temps et à peu de frais.

103. Ohm, dans une élucubration obscure, a donné la formule mathématique du courant galvanique. Voici cette formule générale : l'intensité de l'action A est égale à la force électromotrice E, multipliée par le nombre de batteries n, divisé par la résistance extérieure au liquide de chaque batterie que le courant a à surmonter r, plus la résistance offerte par l'arrangement particulier de chaque cellule r' multiplié par le nombre de cellules n.

$$A = \frac{n\,E}{r + n\,r'}$$

Conclusion.

Tel est le résumé des principaux phénomènes qu'on nomme galvaniques, et des différentes propriétés désavantageuses ou favorables à la production du courant galvanique.

L'application de ce dernier aux arts est une des plus grandes découvertes contemporaines; et ce vaste champ, à mesure qu'on le parcourt, s'agrandit en montrant à nos regards une immense contrée dont la fertilité dépend du talent et du travail qu'on déploiera dans sa culture.

LIVRE DEUXIÈME.

DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE.

CHAPITRE PREMIER.

DES APPAREILS EMPLOYÉS POUR LA RÉDUCTION DES MÉTAUX.

L'électro-métallurgie exige la connaissance du galvanisme, 104. — Idée de l'électro-métallurgie suggérée par le pile de Daniell, 105. — Appareils à tubes poreux ou à simple cellule, 106-113. — Appareil à tube capilleire, 113. — Appareil à cloison de plâtre, 114. — Appareil de batteries composées, 115-117. — Appareil à simple batterie, 117-119. — Auge à précipités, 119. — Simple cellule jointe à une batterie, 120. — Disposition de Mason, 121. — Maniement des appareils, 122-124. — Lignes qui se produisent sur le métal réduit, moyen de les éviter, 124. — Adhérence et non adhérence du métal réduit, avec son modèle, 125-128. — Adhérence apparente, 128. — Accroissement latéral du métal réduit, 129.

104. L'électro-métallurgie étant sous la dépendance de l'agent galvanique, est soumise aux mêmes principes et aux mêmes lois qui ont été examinées dans la partie de cet ouvrage qui traite du galvanisme et des piles galvaniques ; c'est pourquoi, pour pouvoir réduire les métaux à l'aide de ce fluide, il faut avoir une connaissance approfondie du galvanisme et des appareils voltaïques. Il est indispensable que le lecteur se familiarise avec le contenu des chapitres précédents, avant d'entrer dans l'étude de celui-ci, car, quelles expériences pourrait-on conduire avec succès, sans la connaissance des instruments à l'aide desquels se font ces expériences (1)? Toutefois, indé-

(1) 104. Un autre motif doit encore engager l'électro-métallurgiste à faire une étude approfondie du galvanisme. La galvanoplastie, quoique déjà riche d'une multitude de faits d'une application usuelle, est encore destinée à étendre ses conquêtes ; et chaque expérimentateur est appelé à en reculer les limites. Mais, pour que les expériences qui doivent amener ces nouveaux progrès puissent être faites utilement, il est nécessaire qu'elles soient éclairées par une sage théorie. Dès-lors il est indispensable qu'on se pénètre bien des principes qui président à la réduction des métaux en général, et qu'on connaisse à fond toutes les particularités qui se rattachent à chaque métal. Nous savons bien que la routine, malheureusement encore trop commune de nos jours, affecte un souverain mépris pour tout ce qui touche à la théorie ; mais, quel que soit l'empire des préjugés, les gens éclairés comprendront facilement que dans un art tout de raisonnement et de déduction comme la galvanoplastie, les théories chimiques qui lui ont donné naissance, doivent, avant tout, être familières à l'expérimentateur.

pendamment des propriétés galvaniques dont nous avons déjà traité, il en existe quelques autres qui concernent soit les différents métaux, soit les qualités différentes des mêmes métaux.

Ces propriétés, ainsi que les appareils à employer pour obtenir les précipités, exigent un examen approfondi.

105. L'idée de l'électro-métallurgie semble avoir été suggérée par l'emploi de la pile du professeur Daniell (1), car, pendant qu'elle fonctionne, le vase extérieur en cuivre qui joue le rôle de métal négatif, se revêt d'une couche additionnelle de cuivre, et ce dépôt reproduit exactement l'empreinte du vase auquel il adhère. Si l'on se rappelle la construction de cette batterie, on voit qu'elle est principalement formée de deux récipients dont le plus interne est poreux et contient de l'acide sulfurique étendu, tandis que le récipient externe renferme la dissolution de sulfate de cuivre et le métal négatif.

106. S'il se trouve du sulfate de zinc mêlé dans une dissolution de sulfate de cuivre, la texture du cuivre réduit, d'après quelques auteurs, acquiert tant de fragilité que le métal se brise sous le moindre effort. Pour cette raison, la structure des tubes poreux doit être telle qu'elle empêche que le sel de zinc (produit par l'action chimique de la dissolution de ce métal) ne se mêle au sulfate de cuivre. L'effet du sel de zinc qui rend le cuivre cassant, paraît, d'après mes expériences, avoir été exagéré, et quoiqu'il soit plus convenable d'empêcher autant que possible l'endosmose ou mélange des deux dissolutions, cependant je ne pense pas que ce mélange ait de grandes conséquences (2).

(1) 105. En attribuant au professeur Daniell l'idée primitive de l'électro-métallurgie, M. Smee semble avoir pris à tâche de rabaisser le mérite de la découverte simultanée de MM. Spencer et Jacobi. Nous ne pouvons partager cette opinion ; car, encore bien que le fait qui donne naissance à la galvanoplastie résulte nécessairement de l'emploi de la pile de Daniell ; de la simple constatation de ce fait à son application pratique dans un but utile, il y avait un pas immense, et ce pas, MM. Jacobi et Spencer ont le mérite incontestable de l'avoir fait faire à la science. A ceux donc qui chercheraient à rabaisser la belle découverte de ces savants, on pourrait répondre ce qu'autrefois Christophe Colomb répondit aux objections qui lui étaient faites sur la facilité de la découverte de l'Amérique : Qui d'entre vous, dit-il à ses détracteurs, pourrait faire tenir cet œuf debout sur ce marbre? Et comme personne ne lui répondait, Colomb prit l'œuf, et le frappant légèrement sur le marbre de manière à affaisser un peu le bout de la coquille, il l'y fit tenir. Ce problème, leur dit-il, était plus facile à résoudre que de découvrir un monde nouveau, et pourtant pas un de vous n'en a trouvé la solution.

Laissons donc à chacun son mérite, à Daniell celui d'avoir, en inventant sa pile, donné naissance au fait galvanoplastique sans en connaître la portée ; à MM. Spencer et Jacobi la gloire, bien plus grande, de s'être emparés de ce fait, d'en avoir tiré les conséquences, et de l'avoir appliqué à la création d'un art nouveau ; à M. Smee enfin, le mérite d'avoir recherché les causes de ce fait, et d'avoir formulé exactement les lois qui lui donnent naissance.

(2) 106. Quoi qu'en dise l'auteur, nous pensons, d'après notre propre expérience,

107. La substance qui paraît le plus propre à séparer les dissolutions dans un appareil électrotypique, est une membrane animale telle que celle qui revêt le gros intestin du bœuf, ou bien une vessie. Nous avons déjà dit que plus le vase est poreux, plus la quantité d'électricité développée est grande, et plus, par conséquent, la quantité de cuivre déposée est considérable, attendu que la somme du dépôt métallique est toujours en rapport avec la quantité d'électricité engendrée. Voici l'ordre de quelques substances relativement à la facilité qu'elles présentent au passage du fluide électrique : 1° le papier gris; 2° le plâtre fin de Paris; 3° la baudruche dont se servent les batteurs d'or; 4° les membranes de vessie de différentes épaisseurs; 5° le plâtre grossier de Paris.

108. Le plus simple de tous les appareils employés pour précipiter les métaux est celui de Daniell, qui présente un tube en terre poreuse, lequel contient l'acide et le zinc, tandis que le corps qui doit recevoir le dépôt est placé en dehors de ce tube, et mis en communication avec le zinc, à l'aide d'un fil métallique (*fig.* 1, *Pl.* II).

Qu'on prenne, par exemple, un vase quelconque, qu'on le remplisse à moitié d'une dissolution de sulfate de cuivre, qu'on y mette le tube poreux en terre contenant le zinc et l'acide, et on aura l'appareil de Daniell. Car quand on veut obtenir un électrotype, il est seulement nécessaire de mettre le corps qui doit recevoir le dépôt dans le vase extérieur qu'on fait communiquer avec le zinc; dès-lors l'action commencera à s'effectuer.

La saturation du liquide peut être maintenue en mettant une certaine quantité du sulfate de cuivre dans un nouet suspendu dans la dissolution de ce sel. L'inconvénient que présente cette forme d'appareil consiste dans le passage rapide du sel de zinc dans le vase extérieur. Mais elle offre l'avantage de permettre de placer le corps qui doit recevoir le dépôt, dans une position verticale, ce qui le rend moins sujet à se couvrir de molécules pulvérulentes (Voir la *note* 108, p. 50.)

109. Il existe une autre forme d'appareil, où une membrane

que le mélange du sulfate de zinc avec le sulfate de cuivre, nuit souvent à la qualité du métal réduit. On ne saurait donc prendre trop de précautions pour empêcher que ce mélange, auquel on a donné le nom d'*endosmose*, ne puisse avoir lieu. C'est surtout dans l'emploi des appareils à tubes poreux, à tubes capillaires, ou à membranes de vessie, que cet inconvénient est à craindre. Il faudra donc éviter que l'excès de porosité de ces divers appareils ne permette la transsudation trop facile du liquide acidulé dans lequel plonge le zinc, et par suite le mélange du sulfate de zinc avec la solution cuivreuse.

de vessie tient lieu de tube en terre poreuse et où la position du moule est horizontale (*fig.* 2, *Pl. II*). Ici, le récipient extérieur est carré, et est construit en bois revêtu intérieurement d'un lût : sur l'un de ses bords on fixe une tige de laiton percée de deux trous, dont l'un sert à établir sa communication entre le fil et l'original, tandis que l'autre fait communiquer le fil avec le zinc de la pile. Dans l'intérieur de cette caisse, on place une planchette d'acajou qui supporte un cylindre de verre où se trouve une plaque de zinc, ainsi que les cristaux de sulfate de cuivre qu'on veut dissoudre. Sur les bords du verre on fixe une membrane de vessie, cette membrane remplit l'office du récipient extérieur ou du tube poreux des appareils précédents, elle contient l'acide et le zinc. Ce dernier communique avec le fil métallique à l'aide d'un étrier à vis, de manière à pouvoir être facilement enlevé. Cet appareil est supérieur, à bien des égards, à ceux précédemment décrits, parce que le sulfate de zinc ne peut pas filtrer facilement à travers la membrane pour se mélanger avec le sel de cuivre, et, en outre, on a plus de facilité pour retirer le zinc et les acides (1). Quand on se sert de cet appareil, il faut avoir soin que l'orifice du verre soit assez grand pour qu'il y ait irradiation du zinc à toutes les parties du moule; car l'omission de cette précaution serait sujette à de graves inconvénients. Il faut aussi avoir soin de mettre le zinc à une distance telle, que chaque point de sa surface soit également distinct du métal sur lequel le dépôt doit avoir lieu, afin que ce dernier puisse présenter partout la même épaisseur.

110. Le liquide excitant, dans tout appareil à une seule cellule, doit être acide, et celui qui contient le sel métallique doit être maintenu dans un degré convenable de saturation, en laissant quelques cristaux dans la dissolution; si on laisse ces derniers descendre au fond du vase, ils ne rempliront pas le but qu'on se propose, celui de maintenir la dissolution dans un état convenable de saturation (2). Car, les parties du li-

(1) 108 et 109. Les appareils décrits dans les Nos 108 et 109 seront très-suffisants pour les personnes qui ne s'occupent de la galvanoplastie que comme récréation. Ces appareils sont très-propres à obtenir des copies de médailles, sceaux, cachets, camées, et en général de tous les objets d'une petite dimension. L'extrême simplicité de ces plies et leur manipulation facile les recommandent aux commençants et à toutes les personnes peu familiarisées avec les opérations chimiques. Il existe encore une autre forme d'appareil très-simple, inventée par M. Sorel. Nous en donnerons la description dans l'Appendice.

(2) 110. La saturation du liquide qui tient en dissolution le sel métallique, est d'une grande importance, surtout pour la réduction du cuivre. Cependant cette importance a été exagérée, et l'on verra plus tard, qu'en thèse générale, le plus ou moins de satura-

quide qui ont été dépouillées de leur sel métallique s'élèvent à la surface, tandis que les parties saturées restent au fond, en contact avec les cristaux, et empêchent ainsi ces derniers de se dissoudre. On peut vaincre cependant cette difficulté, en plaçant les cristaux qui doivent être dissous dans un nouet qu'on dispose sur une planchette à la partie supérieure du liquide; par ce moyen, la saturation sera maintenue.

111. On peut construire de la manière suivante une autre variété d'appareil : on prend une boîte qu'on divise en deux compartiments par une cloison en terre poreuse, semblable à celle qui sert à préparer les tubes poreux de la pile de Daniell. On met la dissolution de cuivre et le métal négatif dans un des compartiments, et dans l'autre on introduit de l'acide sulfurique étendu et le zinc. L'avantage que présente cet appareil consiste à rendre les opérations plus faciles, et son emploi permet de placer le zinc et le cuivre à une égale distance l'un de l'autre, circonstance importante dans la fabrication des grandes plaques, qu'on peut ainsi obtenir facilement. Le diaphragme poreux pourrait être remplacé par un diaphragme plus facile à préparer, mais moins durable, en plâtre de Paris, en papier, ou en membrane de vessie.

112. D'autres variétés d'appareils peuvent être imaginées au gré de l'opérateur, car, quel que soit le mode de construction de la batterie de Daniell, elle répondra également aux besoins de l'électro-métallurgiste.

113. J'emploie quelquefois avec avantage l'appareil suivant pour obtenir de faibles courants. Sa construction est fort simple. On met la dissolution qu'on veut réduire dans un verre à boire; on effile ensuite un tube de verre dont l'orifice doit être capillaire à une de ses extrémités; ce tube remplit l'office d'un tube poreux et contient le zinc (on peut employer à cet effet un fil de zinc amalgamé) et une dissolution acide très-étendue. La quantité d'électricité qu'engendre cet appareil est nécessairement peu considérable, car sa construction n'est pas propre à en produire une grande abondance; d'abord plus la dissolution acide est étendue, plus la quantité d'électricité diminue; en outre, l'orifice capillaire du tube à travers lequel le courant doit passer est si petit, qu'il est nécessaire d'employer une grande force pour y faire pénétrer un liquide même goutte à goutte, et c'est là un grand obstacle au passage

tion du liquide doit être proportionné à l'intensité du courant. On pourra remédier au défaut de saturation du liquide, soit en le remuant souvent avec une baguette de verre, soit en recourant au procédé indiqué par M. Smee, No 110.

du courant; on emploie d'ailleurs un fil de platine très-fin pour établir la communication; et enfin la substance qu'on soumet à l'expérience n'est pas placée vis-à-vis de l'orifice capillaire. La manière dont le tube capillaire agit pour diminuer la force du courant, paraît être d'interrompre ou de briser la continuité du fluide, en sorte qu'il ne passe qu'un très-faible courant. On peut régler la quantité d'électricité en réglant le diamètre de l'orifice du tube (1).

114. Quelquefois, quand on n'a besoin que d'un faible courant, on prend un cylindre de verre dont on ferme l'ouverture avec une couche épaisse de plâtre qui remplit l'office d'un tube poreux. (Cet appareil a été employé pour la première fois par M. Golding Bird.) Quand on ne veut que diminuer légèrement la quantité d'électricité, on se contente d'augmenter la distance qui sépare les métaux électro-négatif et positif. Dans d'autres cas, j'emploie une membrane de vessie épaisse, ou des fils conducteurs fins, et je réunis tout ou partie de ces modifications pour diminuer la force du courant.

115. Dans tous ces cas, les métaux se précipitent sur le métal négatif d'une simple batterie. De même, quelle que soit la méthode qu'on emploie pour rendre une plaque négative, le métal s'y précipite également; par exemple, si une batterie suffisante pour décomposer de l'eau acidulée est construite avec deux pôles de platine, l'oxygène se rendra à un pôle, l'hydrogène à l'autre, et le métal sera précipité sur ce dernier. J'ai déjà dit qu'une cellule de la batterie de Grove, deux ou trois de celle de Daniell, ou bien la batterie qui m'est propre, peuvent toutes décomposer l'eau acidulée, entre des pôles de platine; mais à ce degré d'intensité seulement, il ne se dégage qu'une petite quantité de gaz. Quand on veut employer de faibles courants, les séries ci-dessus mentionnées peuvent être employées avec avantage.

116. Si on veut obtenir une grande intensité, mais une faible quantité de fluide, on peut faire usage d'un certain nombre de cellules, en amorçant la pile soit avec de l'eau simple ou acidulée à l'aide d'une seule goutte d'acide dans chaque cellule; l'oxygène, quand on emploie ce mode de réduction des métaux, se rend toujours au pôle positif (*Pl.* II, *fig.* 7). Dans la plupart des cas, cependant, comme on a pour but de précipiter une grande quantité de métal, il est important,

(1) 113. Les divers appareils à tube capillaire ont été parfaitement décrits dans la savante notice de M. Becquerel, que nous donnons dans l'Appendice, et surtout dans les Eléments d'électro-chimie.

pour parvenir à ce résultat, d'employer les plus petites séries (*Voyez* N° et note 22, et N°s 154 à 163).

117. Dans la plupart des cas, les appareils précédents ne sont point employés; mais lorsque l'argent ou tout autre métal ayant une grande affinité pour l'oxygène, doit être précipité de sa dissolution, on tire parti de cette affinité, et au lieu de faire usage d'une plaque de platine au pôle oxygène de la pile, il faut employer un fragment de métal de même nature que celui qu'on veut précipiter et qui remplit les mêmes fonctions que celles de la plaque positive ou zincode de l'auge (1). Comme la dissolution du sel métallique laisse déposer incessamment le métal qui entre dans sa composition, le fragment de métal qui forme le pôle positif est dissous par l'acide et l'oxygène qui tenaient en dissolution le métal déposé, et de cette manière le liquide est toujours maintenu dans un état de saturation : une seule batterie est alors bien suffisante, car il n'y a que peu de résistance à vaincre (*fig.* 3, 4, 6, *Pl.* II). Une série d'auges à précipités, disposée comme une batterie composée, peut aussi être employée quelquefois avec une seule batterie.

118. Pour comprendre ceci, prenons un exemple: je suppose qu'on veuille prendre une empreinte en cuivre; une dissolution d'un sel de ce métal doit être placée dans un vase convenable, et l'objet sur lequel le dépôt métallique doit s'effectuer, doit être mis en communication avec le zinc de la batterie, tandis qu'un fragment d'une feuille de cuivre est mis en communication avec l'argent; aussitôt que l'action commence, l'eau est décomposée, l'oxygène passe au pôle cuivre, qui s'oxyde, tandis que l'hydrogène passe au pôle négatif. Pendant que la décomposition a lieu, l'oxyde de cuivre passe au pôle négatif, et l'acide au pôle positif; l'hydrogène réduit l'oxyde du cuivre au pôle négatif, tandis que l'acide se combine avec l'oxyde de cuivre au pôle positif, et la saturation se continue. (*Voyez* N° 99.)

119. L'appareil employé comme auge à précipités doit varier de forme, selon le volume et la forme de l'objet qu'on veut copier, et la dissolution doit être différente, suivant la nature du métal qu'on veut précipiter; tout cela nécessitera des détails particuliers; mais nous devons dire ici quelques mots de la matière la plus propre à la confection de l'auge à précipités. Le verre serait certainement préférable, n'étaient sa fragilité

(1) 117. Voir, à l'Appendice, *page* 189, les avantages qui résultent dans tous les cas de l'emploi d'un *anode soluble* de même métal que celui qui sert de base à la dissolution.

et l'élévation de son prix, inconvénients sans lesquels il serait généralement adopté. Certaines porcelaines sont aussi bonnes que le verre, en ce sens qu'elles ne s'altèrent pas; cependant ces substances étant dispendieuses, j'ai généralement recours à la poterie commune. On sera sans doute étonné d'apprendre que la plupart des substances métalliques pénètrent à travers le vernis des vases en poterie, et vont suinter à leur surface extérieure (1); c'est cependant ce qui arrive; mais on peut empêcher cet accident en enduisant la surface intérieure de ces vases d'une couche de résine. On emploie plus souvent les vases en bois que les précédents, parce que leur forme peut être variée, et qu'ils peuvent être rendus imperméables en les enduisant d'une couche du mélange suivant : cire, 500 grammes (1 livre), colophane 2 kilog. 1/2 (5 livres), ocre rouge, 500 grammes (1 livre), et deux cuillerées à bouche de plâtre de Paris. Une auge en plomb ou en étain remplira également le but, mais l'intérieur doit être tapissé du mélange précédent ou d'une certaine quantité de résine. L'avantage que présente cette dernière substance, c'est que le sel en dissolution n'a que peu de tendance à cristalliser à sa surface, propriété qui, dans d'autres circonstances, serait fort désavantageuse; car quelquefois la totalité du sel d'une dissolution passe à l'extérieur du vase qui se trouve alors tout recouvert de cristaux.

120. Une autre forme d'appareil peut quelquefois être employée d'une manière avantageuse, quand on veut obtenir une grande intensité, mais qu'on ne veut pas subvenir aux frais d'une grande série. C'est l'adjonction de l'appareil simple à la batterie. On met dans la cellule à décomposition un tube poreux contenant l'acide et le zinc, et dans le vase extérieur on verse la dissolution qu'on veut décomposer; le zinc doit être mis en communication avec l'argent de la batterie, et avec le métal négatif dans la cellule à décomposition, le circuit se trouve ainsi complété. Il est évident que cet appareil augmente l'intensité du courant, car en employant le zinc comme pôle positif de la cellule à décomposition, il y a peu d'obstacle offert au passage du courant.

121. Il y a un autre moyen de précipiter les métaux à peu

(1) 119. La transsudation des solutions métalliques à travers les poteries les mieux vernies, est un fait tellement inévitable, que nous engageons l'électro-métallurgiste à rejeter ces sortes de vases pour adopter généralement ceux en verre.

Il est bien entendu que cette observation ne s'applique en aucune façon aux tubes et cloisons en terre poreuse, qui sont employés pour contenir la solution acidulée et le zinc, précisément à cause de leur porosité.

de frais, quoique dans ce cas il faille y consacrer beaucoup de temps. Je veux parler de l'appareil de Daniell; mais au lieu de faire communiquer immédiatement le zinc et le métal négatif, j'en forme une batterie qui doit communiquer avec une autre cellule à décomposition, dans laquelle je mets un second morceau de métal qui joue le rôle de pôle négatif, et j'emploie comme pôle positif un morceau de cuivre. Le métal communique avec le zinc de la première cellule, et le cuivre communique à son tour avec le métal. De cette manière, avec 500 grammes (1 livre) de zinc, j'obtiens 1 kilog. (2 livres) de cuivre. Cependant l'emploi de la seconde cellule présente des obstacles qu'on peut vaincre en se servant, dans la première cellule, d'un tube poreux d'un fort petit diamètre. Cet appareil extrêmement ingénieux a été imaginé par M. Mason, mais son usage s'est peu répandu, parce qu'il n'est pas suffisamment connu.

122. Les dispositions nécessaires pour obtenir la précipitation des métaux doivent être réglées non-seulement sur la connaissance approfondie des moyens propres à produire la quantité et l'intensité du courant, mais encore sur leur application intelligente. L'intensité, comme nous le verrons plus loin, n'exerce pas une aussi grande influence sur les résultats, que celle qui provient de la quantité du fluide électrique; mais, dans la plupart des cas, l'intensité doit être plutôt grande que petite. En ce qui concerne l'électrotypie, cette intensité peut être augmentée de trois manières : 1° en multipliant le nombre des séries; 2° en employant des liquides suffisamment acidulés; 3° et enfin, ce qui est beaucoup plus convenable, en mettant le liquide de la cellule à décomposition dans les conditions les plus favorables au passage du courant. La quantité de ce dernier peut être accrue en augmentant le volume des plaques négatives de la pile; en augmentant la concentration de la dissolution acide; en employant un pôle positif plus grand dans la cuve à décomposition; ou enfin en diminuant la distance qui existe entre cette dernière et la plaque négative. Chacun de ces moyens, séparément, suffit pour régler la quantité du courant électrique. Le moyen que j'emploie généralement pour précipiter la plupart des métaux, est l'augmentation ou la diminution de l'étendue du pôle positif; quelquefois je me sers, pour former ce dernier, d'un fil métallique très-fin, que je plonge de 2 à 3 millimètres (1 ligne à 1 ligne 1/2) dans le liquide.

123. Pour mesurer la quantité exacte du courant électrique, on doit employer un galvanomètre, surtout pour les faibles courants; mais si on emploie l'appareil qui m'est propre, l'opérateur peut juger assez exactement de la quantité du courant électrique, d'après le dégagement d'hydrogène qui a lieu au pôle négatif.

Tous les instruments sont des causes d'embarras et d'ennuis pour le praticien; cependant celui qui emploie ma batterie n'a besoin d'autres témoignages que ceux que l'hydrogène fournit à sa vue et à son oreille.

124. La position dans laquelle on place la substance sur laquelle le dépôt métallique doit avoir lieu, produit dans certains cas, sur ce dépôt, un phénomène singulier; en effet, si on place cette substance verticalement dans l'appareil, et surtout si sa partie supérieure est suspendue sur la partie inférieure de la plaque, il se formera une série de lignes qui présenteront, dans quelques cas, des cavités de plusieurs millimètres de profondeur. La cause de ceci peut être facilement expliquée : en effet, si on surveille l'opération pendant que la batterie fonctionne avec activité, on verra alors qu'à mesure que l'hydrogène réduit le métal de la dissolution, cette dernière devient incolore et plus légère que les parties du liquide environnantes. Cette partie incolore s'élève alors et produit un courant qui change de direction à chaque ascension ou à chaque obstacle. Ce courant s'étant ainsi formé une sorte de canal, augmente jusqu'à ce que les lignes aient acquis la profondeur indiquée. Cette circonstance nuit à l'épaisseur uniforme du dépôt, et ôte à la plaque sa valeur. On peut, jusqu'à un certain point, obvier à cet inconvénient en inclinant légèrement la plaque, ou, ce qui vaut mieux, en lui donnant une position horizontale. Ces lignes ne se montrent pas quand le dépôt se fait très-lentement (1).

125. Le nouveau dépôt métallique peut quelquefois être enlevé avec la plus grande facilité; dans d'autres cas, il adhère si fortement à l'original, qu'il ne forme plus qu'un seul corps avec lui, et qu'on ne peut parvenir à les séparer;

(1) 124. On n'a pas encore donné une explication satisfaisante du phénomène des stries ou raies qui se forment sur le métal pendant sa réduction; et quoiqu'il semble que ces raies soient plus disposées à se former sous l'influence d'un courant énergique, on n'en est pas pour cela exempt lorsqu'on emploie un courant faible. Nous devons donc dire que, dans l'état actuel de la science, les causes qui donnent lieu à ces inégalités, sont encore inconnues, et, par une conséquence nécessaire, il n'est pas possible d'indiquer les moyens qui s'opposent à leur formation. M. Gerlach est, jusqu'à présent, celui qui a essayé la meilleure explication du phénomène des raies. Nous renvoyons donc le lecteur à l'article publié par ce savant.

dans quelques cas il est nécessaire d'obtenir l'adhérence ou la non-adhérence de la copie à l'original, et quoique jusqu'ici ces résultats n'aient été que trop souvent l'effet du hasard, cependant il est de la plus haute importance de pouvoir produire l'une ou l'autre à volonté.

126. L'adhérence et la non-adhérence dépendent de deux choses, savoir : 1° de la couche d'air qui s'attache à la surface des métaux; 2° de la possibilité où se trouve cette couche d'air de se transformer en pôle et d'en remplir le rôle (35). Ces propriétés ont été examinées avec soin dans le 1er Livre, mais ici je dois indiquer leur application pratique.

Si un fragment de métal poli est plongé dans l'eau, il ne sera point mouillé, et c'est précisément dans cet état qu'on doit l'employer quand on ne veut pas que le dépôt y adhère.

Pour tirer parti de cette propriété, il faut plonger la plaque dans la dissolution et compléter immédiatement le circuit. L'air paraît jouer, dans ce cas, le rôle de pôle et établir une séparation entre l'original et la copie. Il est inutile d'ajouter que la plaque ne doit être ni chauffée, ni frottée avec de la potasse ou de l'acide nitrique avant son immersion; surtout elle ne doit pas rester un seul instant dans la dissolution acide avant que le circuit ne soit établi (1).

Quelquefois une ou plusieurs de ces précautions ayant été négligées, on voit survenir une adhérence partielle. S'il arrivait que cette adhérence eût lieu, on pourrait laisser la copie pendant 24 heures dans un lieu frais, jusqu'à ce qu'elle ait repris la température de l'air.

Les observations précédentes concernant la couche d'air qui revêt les métaux lorsqu'ils ont été exposés pendant un court espace de temps à l'air atmosphérique, se rapportent non-seulement à l'électrotypie, mais encore à beaucoup d'autres cas. L'application du calorique à une plaque du daguerréotype, avant qu'on ne la soumette à la vapeur de l'iode, est fondée sur le même principe, et tout autre moyen, parmi ceux que j'ai indiqués comme propres à nettoyer et décaper les plaques, sera aussi efficace.

127. Quand on veut tirer parti de la propriété opposée, en d'autres termes, quand on veut faire adhérer le dépôt sur

(1) 126. Les causes de l'adhérence de la copie au modèle ont été étudiées dès l'origine de la galvanoplastie, et quoique les moyens proposés par M. Smee, pour prévenir cette adhérence, soient en général suffisants, nous croyons qu'on doit encore leur préférer les procédés usités par M. Jacobi, et qui consistent à passer sur l'original une couche très-légère d'une substance grasse, telle que l'huile, la cire, la stéarine, le suif, etc., que l'on enlève ensuite le plus possible en essuyant avec un linge fin. (*Voyez* note 225.)

l'original, on suit une marche contraire : ainsi, on chauffe le métal et on le plonge dans l'eau, ou bien on le frotte avec une dissolution de potasse caustique ou avec de l'acide nitrique étendu, puis on l'immerge dans la dissolution ; car alors, la surface étant parfaitement nettoyée, le dépôt se fait sur le métal lui-même, et non point sur une couche d'air ou d'oxyde intermédiaire. Ce dépôt, dans ce cas, adhère si fortement à l'original, qu'on ne peut pas les séparer l'un de l'autre, comme ont pu le constater ceux qui, ignorant ces faits, ont plongé des plaques de cuivre d'une grande valeur dans des dissolutions acides, et les ont, en quelque sorte, ensevelies dans une masse de cuivre dont ils n'ont pas pu les détacher. Celui qui s'adonne à l'électro-métallurgie ne peut réussir dans ses opérations qu'à la condition non-seulement de connaître ces règles, mais encore de les mettre en pratique.

128. L'adhérence d'une plaque métallique à une autre plaque également en métal, ne doit pas être confondue avec les adhérences apparentes de la copie à l'original, provenant de ce que le cuivre s'étale au-delà des bords de ce dernier, et l'embrasse fortement. On peut remédier à ce petit inconvénient en enduisant les bords du modèle qui doit recevoir le dépôt métallique, avec de la laque ou de la graisse, ce qui empêche le dépôt d'y adhérer; il faut alors un temps considérable pour que les côtés soient recouverts par l'accroissement latéral.

129. L'accroissement latéral de la plaque est une propriété d'une grande importance, car si une particule de substance non conductrice est placée sur un métal, elle sera couverte par le dépôt; de cette manière les dessins faits sur cuivre avec des vernis peuvent être reproduits. Si on veut copier une substance non conductrice à l'aide d'une légère couche de substance conductrice, une solution de continuité dans cette dernière n'empêchera pas d'obtenir une plaque parfaite; pour les mêmes raisons, il faut avoir soin qu'il n'adhère pas de bulles de gaz ou d'air à la plaque, car ces bulles se couvriraient d'une couche métallique et produiraient des inégalités sur la copie. On croira difficilement, au premier abord, qu'une bulle d'air puisse se recouvrir d'une couche de métal, tant la chose semble extraordinaire : c'est pourtant là un fait avéré, et il est même plus difficile d'éviter ce résultat que de l'obtenir (1).

(1) 129. L'enveloppement d'une bulle d'air sous une couche de métal n'a rien qui doive surprendre ; c'est un fait très-commun dans les arts, et les évents ou soufflures qui se rencontrent dans presque toutes les pièces de fonte, de fer ou de cuivre, ne sont pas dus à une autre cause.

CHAPITRE II.

DES SUBSTANCES CAPABLES DE RECEVOIR LE DÉPÔT MÉTALLIQUE.

Substances sur lesquelles le dépôt métallique peut avoir lieu, 130-132. — Métaux, 132-136. — Substances non conductrices : cire à cacheter, cire blanche, 136-139. — Substances non conductrices absorbantes : papier, plâtre, 139-141. — Moyens de les rendre non absorbantes, 141-143. — Moyen de copier les substances non conductrices, par les métaux, par la plombagine, 143-145. — Comparaison des différentes méthodes, 145.

130. Le dépôt métallique produit par le courant voltaïque, peut avoir lieu sur n'importe quelle substance conductrice capable de jouer dans l'appareil le rôle de métal négatif. Les lois qui président à la formation de ce dépôt sont les mêmes que celles qui régissent les éléments de la pile. Le dépôt peut s'effectuer sur presque tous les métaux (excepté toutefois les métaux terreux et alcalins), ou n'importe sur lequel de leurs alliages ou composés. Ce dépôt peut également se produire sur le charbon ou la plombagine. Quand on fait usage de métaux pour obtenir sur eux ce dépôt, l'effet devient manifeste, car la disposition de l'appareil ne diffère en rien de celle de la pile de Daniell.

131. Quand on veut que la surface et la forme de la copie représentent fidèlement celles de l'original, il est de la plus haute importance que le métal sur lequel doit avoir lieu le dépôt, ne puisse pas décomposer lui-même la dissolution, ce qui aurait pour résultat d'altérer plus ou moins la copie. Ainsi le zinc, l'étain, le plomb et le fer, mis dans du sulfate de cuivre, précipitent immédiatement ce dernier de sa dissolution; mais les métaux sus-indiqués sont eux-mêmes dissous dans une proportion exactement semblable à la quantité du cuivre réduit; une dissolution de ce dernier métal altère la surface de la copie et nuit à sa perfection. On peut obvier à cet inconvénient, jusqu'à un certain point, en ayant soin de faire passer le courant au *moment même* où on plonge le métal dans le liquide; cette manière d'agir est considérée par plusieurs auteurs comme propre à détruire l'affinité élective, comme ils la nomment, c'est-à-dire l'action spontanée du métal sur le fluide. Mais je puis affirmer qu'une batterie de douze cellules n'empêche pas que les métaux les plus oxydables ne se dissol-

vent, et que les métaux les moins oxydables ne soient réduits.

132. Par conséquent, les métaux qu'on peut employer avec le plus d'avantage pour les recouvrir d'une couche métallique, sont ceux sur lesquels n'agit point le liquide où on les immerge; cependant ceux qui n'éprouvent que légèrement cette action peuvent être employés. Le platine, qu'aucune dissolution ne peut attaquer, est très-propre à recevoir les dépôts métalliques; mais l'élévation de son prix et la difficulté qu'on éprouve à le mettre en œuvre, sont des obstacles à ce que son emploi puisse être adopté.

133. Sous le rapport de l'inaltérabilité, l'or est aussi précieux que le platine, mais il est d'un prix encore plus élevé. Cependant, quand il est en feuilles, on peut l'appliquer sur la surface des substances molles, qui deviennent alors propres à recevoir la couche métallique qu'on veut y mettre. On peut en faire autant de l'argent et de l'étain; mais il y a d'autres procédés bien supérieurs à ceux-ci et qui les rendent inutiles.

134. L'argent ne peut être attaqué que par l'or et le platine, et doit être employé pour recevoir les métaux réduits quand on veut que le dépôt soit d'une grande pureté.

Les feuilles d'argent pur, dont l'épaisseur est calculée de manière à peser 3 gram. 333 millig. par décimètre carré (62 grains par 13 pouces carrés) de surface, sont employées par les faux monnayeurs dans leur coupable industrie; le procédé qu'ils suivent consiste à mettre la pièce de monnaie qu'ils veulent imiter, sur une planche de bois; sur cette monnaie, ils appliquent une feuille d'argent, puis ils frappent doucement sur cette dernière jusqu'à ce qu'elle présente une copie fidèle de l'original, résultat qui ne tarde pas à être obtenu; cela fait, ils recommencent la même opération pour la face opposée. Les deux disques d'argent sont ensuite soudés par leurs bords; et le fabricateur commet un crime et risque sa tête pour la pièce de fausse monnaie qui lui a coûté tant de peine. Sans doute le lecteur n'aura pas même l'idée de recourir à cette fraude, et il n'est pas nécessaire d'en dire davantage; mais on comprendra facilement que le même procédé peut être mis en usage, avec une meilleure intention, par l'électro-métallurgiste, pour obtenir un moule.

135. Les alliages de plomb dont on fait particulièrement usage sont : le *pewter* ou soudure des plombiers, le métal fusible, et l'alliage qui sert à la fabrication des caractères d'im-

primerie. Le premier est composé de 80 parties d'étain et 20 de plomb; mais dans certains cas on augmente la proportion de plomb. Il y a plusieurs variétés de cet alliage, qui contiennent soit du cuivre, de l'antimoine ou du bismuth; mais l'alliage de plomb et d'étain est préférable. Le métal fusible, quoique fort employé par les électro-métallurgistes pour obtenir de petites empreintes, est d'une manipulation difficile; on doit le faire fondre sur une lampe et en écumer la surface; on en verse alors une partie sur un corps plat, et on y applique vivement la médaille qu'on maintient fortement à l'aide de la main. On doit attendre que le métal soit sur le point de se coaguler avant d'exercer une pression avec la médaille; sans cette précaution l'empreinte pourrait présenter un aspect cristallin. Le métal fusible de J. Newton contient du plomb, du bismuth et de l'étain; mais les fabricants ajoutent généralement du mercure pour le rendre plus fusible. On ne doit cependant jamais mêler de mercure à cet alliage quand on le destine à prendre des empreintes. Le métal qui sert à la fabrication des caractères d'imprimerie est composé d'environ une partie de plomb, seize d'antimoine et une petite quantité de cuivre. Il faut beaucoup d'habitude pour réussir à prendre des empreintes avec le métal fusible, ou celui dont on se sert pour les caractères d'imprimerie.

Les Italiens ont un excellent procédé pour obtenir des empreintes en *pewter*; ils prennent une partie de cet alliage en fusion et le versent sur un morceau de papier, ils appliquent dessus une médaille; le tout est placé sur un morceau de drap; enfin, ils mettent sur la médaille une planchette de bois et frappent un coup sec sur cette dernière; ils obtiennent ainsi une empreinte parfaitement nette. Ces clichés se vendent de 0 fr. 50 c. à 3 fr., suivant leur dimension.

On peut obtenir également une empreinte en prenant une lame de plomb bien nettoyée et bien brillante sur laquelle on place l'objet qu'on veut copier, et en frappant un vigoureux coup de poing sur la médaille. On peut copier de la même manière un cachet en cire à cacheter, quoique au premier abord ce fait semble incroyable. On n'obtiendrait pas ce résultat par une simple pression, mais par un coup sec on y parvient.

Le plomb en feuilles, préalablement dépouillé, à l'aide du raclage, de l'oxyde qui le ternit, puis aplati en le mettant sur une plaque de fer qu'on soumet à l'action d'une presse, pourra recevoir l'empreint de la gravure la plus délicate; il suffit,

pour cela, d'appliquer l'objet à copier sur la feuille de plomb, et cette dernière sur la plaque de fer, et de comprimer le tout à l'aide du cylindre d'une presse. Cette méthode est parfaite et suffit pour tous les cas. La pression à l'aide d'un rouleau est beaucoup plus forte qu'une pression directe, quoique les balanciers employés par les estampeurs soient doués d'une grande énergie.

Le métal employé pour la stéréotypie est également applicable à l'électrotype, mais le moulage de ce métal a lieu d'une manière particulière sur du plâtre, et il exige certains appareils qu'il n'est pas nécessaire de décrire, car il est facile de se procurer des empreintes parfaites chez les clicheurs de profession (1).

(1) 135. Nous regrettons que M. Smee ne se soit pas un peu plus étendu sur le *clichage*, c'est ainsi qu'on appelle l'opération au moyen de laquelle on obtient sur un métal doux, malléable ou fusible, l'empreinte en creux ou en relief d'une planche gravée, d'une médaille, etc., etc.; nous tâcherons de suppléer à cette omission.

Il y a quatre méthodes différentes pour obtenir des clichés : le clichage par compression, le clichage par percussion à froid, le clichage par fusion, et enfin celui où on emploie simultanément la percussion et la fusion du métal. Nous devons dire un mot de chacun de ces procédés, parce que les clichés étant de la plus haute importance pour l'électro-métallurgiste, on ne saurait donner trop de publicité aux moyens de les obtenir.

Clichage *par compression*. Les applications de cette méthode sont fort restreintes. On ne peut en effet l'employer que pour obtenir des empreintes d'objets composés d'une matière assez résistante pour supporter la pression énergique à laquelle ils sont soumis. Ce procédé a été suffisamment décrit par M. Smee, No 134; nous n'insisterons donc pas davantage.

Le clichage *par percussion* à froid, ou méthode italienne, est peut-être celui qui doit être préféré, parce qu'il donne constamment des résultats égaux. Il peut avoir lieu sur les corps durs et même sur la cire à cacheter, ainsi que l'a fort bien dit M. Smee, même No 134.

Nous ajouterons que les produits de ce genre de clichage seraient encore plus parfaits, si, au lieu de se servir d'un marteau, on employait pour cet usage une petite presse à timbrer, comme celles qui sont en usage chez les notaires.

Quant au clichage par *fusion*, il présente l'immense avantage de pouvoir s'effectuer sur toutes espèces de modèles, et particulièrement sur ceux en plâtre. Mais à côté de cet avantage, il offre de graves difficultés. D'abord il nécessite des appareils coûteux et embarrassants, puis il faut en outre une extrême habitude pour réussir à obtenir ainsi des empreintes parfaites; nous pensons donc que les personnes qui ne se sont pas exercées dans ce procédé, doivent éviter de l'essayer, et qu'il restera longtemps le partage exclusif des clicheurs de profession. On pourra, du reste, se procurer des clichés de cette nature, d'une netteté parfaite, en confiant leur exécution aux clicheurs qui s'occupent des planches typographiques. Il suffira alors de leur remettre une épreuve en plâtre du sujet dont on voudra obtenir le cliché.

On pourra, du reste, consulter à cet égard le *Manuel du Typographe et du Fondeur en caractères*, qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

Le quatrième moyen de clichage, celui où la *percussion* est exercée sur un métal *en fusion*, est le plus usité en galvanoplastie, et les prétendues difficultés de ce procédé ont été de beaucoup exagérées par M. Smee; nous nous en sommes convaincu par notre propre expérience. Nous n'entrerons point dans tous les détails que comporte ce dernier genre de clichage. Tous les procédés qui s'y rattachent ont été décrits avec le soin le plus minutieux dans la deuxième partie du *Manuel du Mouleur en Médailles*, de l'*Encyclopédie-Roret*. On y trouvera la composition des différents alliages plus ou moins fusibles, et la description de tous les moyens de clicher sur les médailles soit en métal, soit même en plâtre et en soufre, etc. Ce Manuel est tout-à-fait indispensable à l'électro-

136. Les substances non conductrices sont de trois espèces; 1° celles qui n'ont d'affinité ni pour le métal ni pour la dissolution où on les plonge; 2° celles sur lesquelles la dissolution agit mécaniquement; 3° enfin les substances susceptibles de se combiner avec le métal précipité. Celles de la première catégorie sont bien supérieures aux autres, mais sont peu nombreuses: la meilleure de toutes est la cire à cacheter, composée de gomme-laque, de térébenthine de Venise et d'une matière colorante.

Le docteur Ure en indique les proportions: gomme laque 4, térébenthine 1, et matière colorante 3. Les fabricants en ont de plusieurs espèces, la plus coûteuse est la meilleure pour faire des cachets. Quelques-unes sont très-dures, comme la cire noire dont on se sert pour remplir les lettres gravées, sur les plaques des boutiques. L'emploi de la cire à cacheter occasionne une assez grande dépense, car celle de bonne qualité est très-chère, mais elle reçoit avec la plus grande exactitude l'empreinte des objets les plus délicats. Tout le monde se sert de cette substance, et chacun croit qu'il excelle dans l'art de faire un cachet; néanmoins, cette opération, toute simple qu'elle paraît, est encore entourée de nombreuses difficultés et d'une grande incertitude de succès. Les graveurs obtiennent les empreintes en cire à cacheter en présentant une carte au-dessus de la flamme d'une bougie et en frottant doucement la partie chauffée avec un bâton de cire préalablement ramollie par la chaleur. Quand ils ont obtenu une quantité suffisante de cire fondue, ils appliquent le cachet.

Pour obtenir de larges empreintes, on prend un bâton de bonne cire, on le présente à la flamme d'une bougie, jusqu'à ce qu'il s'allume sur une longueur de 8 à 10 centimètres (3 pouces à 3 pouces 9 lignes), on le place alors au-dessus d'une feuille de papier ou d'une carte, la cire fond et tombe en larges gouttes, et en peu de temps on en a une quantité suffisante. On éteint alors la flamme du bâton, et on remue, en tournant, la masse fluide jusqu'à ce que toutes les bulles d'air aient disparu, et que la cire, encore un peu molle, présente partout une surface bien unie. C'est alors le moment de lui faire recevoir l'impression de l'objet qu'on veut reproduire. On doit

métallurgiste, et il forme le complément nécessaire du *Manuel de Galvanoplastie*. Nous recommandons encore au lecteur l'excellent procédé de M. Doettger pour la manipulation des alliages fusibles, et ceux de M. Walker. On les trouvera à l'Appendice, *pages* 193 et 195.

Quel que soit le moyen de clichage employé, on se rappellera que les clichés doivent être soigneusement décapés avant de les plonger dans la dissolution métallique.

l'appliquer sur la cire, et l'y maintenir avec une forte pression, on plongera ensuite le tout dans l'eau froide pour amener un refroidissement instantané. La difficulté sera moins grande si l'on se sert d'un cachet métallique, parce qu'il absorbe la chaleur et n'adhère point à la cire.

Lorsqu'on veut obtenir une empreinte en cire sur du bois ou autres substances analogues, il faut d'abord les frotter avec un peu d'huile d'olive, on plonge ensuite la cire dans l'eau froide, et sa surface est propre à s'enfoncer dans les cavités de la gravure et à s'unir à elle. On a fait de très-grandes empreintes en cire à cacheter en plaçant la médaille sur la composition à demi-fluide, et en la soumettant à l'action d'une presse hydraulique. M. Botes a réussi dernièrement à faire, par ce moyen, des empreintes parfaites de 8 à 10 centimètres (3 pouces à 3 pouces 9 lignes) et plus de diamètre (1).

137. La cire vierge peut être employée à faire des empreintes, mais on la remplace économiquement en se procurant des bouts de bougies que l'on fond facilement au-dessus d'une lampe. L'objet à copier doit être légèrement huilé; on l'entoure avec un morceau de papier fixé par un lien, on obtient ainsi une cavité propre à recevoir la cire. C'est dans cette espèce de coupe qu'on versera la cire fondue. On aura soin qu'aucune bulle d'air n'adhère au modèle; on laissera le tout dans cet état, jusqu'à ce que la cire soit redevenue à l'état solide et entièrement refroidie, ce qui n'exige pas moins de deux ou trois heures, car on sait que la cire est mauvais conducteur du calorique; on pourra ensuite détacher très-doucement la cire coulée sur la médaille.

On peut également prendre des empreintes en cire sur des plâtres; il suffira d'huiler légèrement le plâtre, on y verse ensuite la cire, qui prendra l'empreinte exacte du modèle.

(1) 136. On pourra, mais avec de grandes précautions, obtenir des empreintes en cire à cacheter de modèles en soufre. Ces modèles devront être préalablement huilés avec une goutte d'huile d'olive, et on les appliquera le plus tard possible sur la cire à cacheter, c'est-à-dire au moment où elle est tout près de prendre sa solidité. Si on appliquait le soufre sur la cire pendant qu'elle est encore très-chaude, il arriverait infailliblement que le soufre se détacherait en petites écailles qui adhéreraient à l'empreinte, et lui ôteraient toute sa netteté.

Tout le monde sait que le soufre est d'une extrême fragilité, et qu'une température tant soit peu élevée détermine sa cassure; cet inconvénient n'a pas lieu lorsque le soufre est récemment fondu; mais on peut artificiellement le remettre dans le même état où il se trouve quelques heures après la fusion. Il suffit pour cela d'exposer le moule à une chaleur douce et lentement progressive, qui, dans aucun cas, ne devra excéder 50 à 60 degrés centigrades. On pourra alors se servir du moule de soufre pour faire des empreintes en cire à cacheter, sans avoir la crainte de le briser.

Une meilleure manière d'obtenir l'empreinte d'un plâtre, consiste à lui faire absorber de l'eau chaude jusqu'à saturation, mais sans que cependant l'eau paraisse à la surface; on l'entoure alors de papier et on y verse la cire fondue pendant qu'il est encore chaud; le tout est ensuite mis dans un endroit frais, et la cire se sépare du plâtre avec la plus grande facilité. S'il existait encore une légère adhérence, c'est que le plâtre n'aurait pas été suffisamment saturé d'eau, inconvénient qu'on aura soin d'éviter une autre fois. En opérant avec soin, le plâtre ne doit pas éprouver la moindre altération (1).

138. Un mélange de parties égales de cire jaune et de résine peut également servir à prendre des empreintes, en le traitant absolument comme la cire. Cette composition est fort en usage chez les Italiens; mais il faut éviter avec soin de la couler trop chaude. On la fait d'abord fondre, puis on la laisse reposer jusqu'à ce que toutes les bulles aient disparu et qu'elle ait acquis la consistance de mélasse. C'est alors seulement qu'on la coulera sur l'objet à reproduire, comme on le fait pour la cire.

139. Il y a plusieurs variétés de substances non conductrices de la deuxième classe : tels sont le papier, le plâtre de Paris, etc., sur lesquels la dissolution n'exerce aucune action. Le papier absorberait rapidement une partie du liquide et deviendrait rude, c'est pourquoi on doit lui donner, à l'aide de certaines préparations, une surface parfaitement unie. A cet effet on peut le brosser avec un peu d'huile siccative de lin ou de noix (2). On doit donner, en général, la préférence à la première; cette huile est portée jusqu'à l'ébullition, pour qu'elle sèche le plus promptement possible, après avoir été appliquée sur le papier. La substance sur laquelle l'huile est appliquée doit être bien nettoyée, et brossée ensuite légèrement avec une brosse en poil de chameau, jusqu'à ce que toute absorption cesse et que la surface soit bien brillante, ce qui est dû à la petite quantité d'huile qui s'y attache; mais on doit avoir soin de ne saturer que tout juste le plâtre et le papier, attendu que l'huile superflue, en se desséchant à la

(1) 137. Pour le moulage de la cire et de la stéarine, nous renvoyons encore le lecteur au *Manuel du Mouleur en médailles*; il y trouvera les détails les plus étendus sur cette opération. Nous devons néanmoins prévenir que la cire et les substances analogues éprouvent un certain retrait en refroidissant; on fera donc mieux d'adopter le mélange indiqué No 138.

(2) 139. L'huile *grasse* employée par les peintres est préférable à toutes les autres pour rendre le papier non absorbant.

surface, remplirait les petites cavités du dessin qui s'y trouve. On doit ensuite faire sécher le papier pendant vingt-quatre heures, et l'exposer, si c'est possible, au soleil; il est alors prêt à recevoir l'une des substances conductrices dont je parlerai plus loin. Cette préparation du papier paraît, dans la plupart des cas, être supérieure à toutes les autres.

Les vernis peuvent être appliqués dans le même but, et comme quelques-uns d'entre eux sèchent plus vite que les huiles, il est bon d'en faire usage dans certains cas. Les principaux d'entre eux sont : le *vernis blanc*, le copal, le mastic et le vernis des carrossiers. Le premier sèche en peu de minutes et doit être appliqué jusqu'à ce qu'une très-petite quantité s'amasse à la surface du corps sur lequel on l'étend. Il est surtout applicable sur les papiers très-glacés, où la quantité d'encollage empêcherait l'absorption d'un vernis plus visqueux. Le vernis au mastic remplit très-bien le but, mais son application ne présente aucun avantage particulier. Le vernis des carrossiers peut quelquefois être employé; mais il faut une grande attention, pour qu'il n'empâte pas le dessin; sans cet inconvénient, ce serait un vernis précieux pour cet objet. Il est inutile de décrire tous les procédés qui peuvent être mis en usage pour rendre le papier non absorbant et uni. C'est sur le principe lui-même que j'appelle une attention toute particulière. Un mélange de cire et de colophane fondues ensemble peut servir à enduire les papiers, surtout ceux qui absorbent le plus. On doit faire chauffer la feuille de papier et appliquer le mélange sur la face opposée à celle sur laquelle on veut obtenir la copie. Cette application doit être faite de manière à ce que le papier soit bien imbibé; il devient alors dur en peu de minutes, et on peut le plonger dans la dissolution : c'est là un excellent procédé et que je conseille d'adopter souvent. On peut, dans certains cas, se servir de la colophane seule, mais cette matière a l'inconvénient d'être très-fragile; d'autres substances peuvent être employées de la même manière, tel est le baume de Canada, etc.

140. La préparation du plâtre est de la plus haute importance; on l'empêche d'absorber par les mêmes moyens que ceux qu'on emploie pour préparer le papier. Le plâtre est un sulfate de chaux ou gypse privé de son eau de cristallisation par la chaleur. Dans cet état, cette substance a une telle affinité pour l'eau et peut en absorber une si grande quantité, que quand on le mêle à ce liquide de manière à lui donner la

consistance d'une crême, il se solidifie en quelques minutes. Dans la fabrication des empreintes en plâtre, on doit faire attention à une infinité de petits détails (1) pour se débarrasser de toutes les bulles d'air : celles-ci proviennent de deux causes, soit de l'adhérence de l'air au plâtre, ou bien de ce que le plâtre entraîne avec lui de l'air quand on le mêle à l'eau. On remédie à la première cause en employant un plâtre récemment cuit ; c'est là ce que font ceux qui se livrent à la stéréotypie ; ils ont remarqué, en effet, que quand le plâtre reste exposé seulement une quinzaine de jours à l'air, les moules présentent moins de perfection. L'artisan ne peut expliquer ce fait, et la science est redevable de cette explication à M. Wyatt, le célèbre sculpteur, qui l'attribue à l'adhérence de l'air qui avait causé la perte de plusieurs moules précieux ; cet artiste, pour obvier à cet inconvénient, met le plâtre dans un poêlon, sur le feu, et le chauffe jusqu'à ce que les gaz se soient dégagés, le plâtre est alors bon à être employé. On met dans un vase une suffisante quantité de plâtre, et on verse dessus une certaine quantité d'eau, jusqu'à ce qu'il en soit suffisamment recouvert et qu'on ne voie plus paraître de bulles d'air. On le gâche alors avec soin. La surface sur laquelle on veut l'appliquer doit être légèrement frottée avec une petite quantité d'huile d'olive. On verse alors sur l'original une petite quantité de plâtre liquide, et on en frotte toutes les parties perpendiculairement avec un pinceau en soie de cochon, ce qui prévient l'adhérence des bulles d'air à la superficie, adhérence qui empêcherait d'obtenir une empreinte parfaite. On ajoute ensuite une autre quantité de plâtre pour donner à l'empreinte une épaisseur suffisante, on le laisse en repos quelque temps, puis on le retire du moule, et on le chauffe légèrement afin de chasser l'excès d'humidité : il est alors extrêmement dur et prêt à recevoir les substances propres à détruire son absorption.

141. Le meilleur moyen de traiter les moules en plâtre est de les placer dans une assiette plate, soit avec de la cire seulement, ou avec un mélange de parties égales de cire et de

(1) 140. Le moulage du plâtre n'est pas une opération aussi facile qu'on se le figure au premier abord. Pour y réussir, il faut les soins les plus minutieux. C'est un art tout-à-fait à part, et que l'électro-métallurgiste ne peut pas ignorer. Comme il faut que tous les modèles dont on se sert en galvanoplastie soient de la plus grande netteté, nous engageons le lecteur à se familiariser d'abord avec le moulage en plâtre. Toutes les opérations qui s'y rattachent ont été décrites avec les plus grands détails dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, ouvrage tout spécial, et qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

colophane préalablement fondues. La quantité de cire et de colophane ne doit pas excéder la moitié de la hauteur de l'objet qu'on veut imprégner, et la chaleur employée doit être suffisante pour rendre la composition parfaitement fluide; peu de temps après, la chaleur sera considérablement augmentée, et alors on pourra frotter une certaine quantité de liquide sur le plâtre chaud, qui l'absorbera, et en peu d'instants le plâtre sera pénétré par cette composition. On doit alors le retirer et l'égoutter, après quoi, il ne restera plus à la surface aucune portion de cire, mais la substance du plâtre en sera complètement pénétrée. On se procure ainsi une belle surface unie, et non absorbante; plus il y a de colophane dans la composition ci-dessus, et plus il faut de chaleur pour l'amener à une fusion complète; et quoique cette substance puisse être employée seule, cependant elle ne peut pas pénétrer au-delà d'une petite profondeur dans le tissu du plâtre, bien que par ce moyen on obtienne une surface nette, dure, et non absorbante. On peut employer une dissolution de colophane dans l'essence de térébenthine, mais il est difficile d'en chasser complètement cette dernière. Un mélange de colophane et de graisse peut remplir le même but. La cire blanche qui sert à faire les bougies s'oppose parfaitement bien à la propriété absorbante du plâtre, et est très-facile à appliquer.

Le suif ordinaire réussit aussi très-bien dans la préparation du plâtre. Il peut être fondu en fort peu de temps, et sa fluidité lui permet de pénétrer intimement le tissu; il est mieux de faire bien bouillir l'original dans le suif, d'égoutter les parties superflues de ce dernier, et de faire durcir l'original dans un lieu frais. On doit choisir le suif le plus dur; celui qui sert à la fabrication des chandelles de bonne qualité pourra remplir le but.

La stéarine n'est autre chose que du suif ordinaire dont on retire par la pression les parties fluides ou l'oléïne : elle convient également bien pour pénétrer le plâtre; on la fait fondre, et on l'emploie avec le même succès et dans le même but que le suif; il en est de même du blanc de baleine.

L'huile de lin bouillante peut également être employée; on doit en saturer le plâtre, jusqu'à ce que celui-ci refuse d'en absorber et en laisse une petite quantité à sa surface; après quoi, pour sécher cette huile surabondante, on expose le plâtre au soleil. Le durcissement des couches extérieures n'indique pas une sécheresse suffisante pour qu'on soumette le

plâtre à l'action de la dissolution ; il faut pour cela que ce dessèchement pénètre profondément, car s'il était placé dans la dissolution avant d'être parfaitement sec, l'huile s'en séparerait, la dissolution attaquerait le plâtre, et tous deux en seraient endommagés, si ce n'est perdus complètement. Le plâtre exige une grande quantité d'huile pour sa saturation (environ la moitié de son volume) ; l'original ne doit pas être trop desséché quand on applique l'huile, attendu que celle-ci elle-même ne sèche pas alors aussi vite (1).

Les observations qui ont été faites relativement au vernis, au baume de Canada, et à la térébenthine de Venise quant à leur application sur le papier, concernent également les objets en plâtre. De tous les vernis, celui au mastic et le *vernis blanc* doivent être préférés : mais les méthodes où l'on n'emploie pas de vernis sont supérieures à celles où on en fait usage. On a expérimenté sur beaucoup d'autres substances, mais il est inutile d'en parler ici.

Voici une table des substances qui peuvent être appliquées sur le plâtre. J'ai choisi celles dont l'emploi est le plus avantageux et qu'on peut se procurer à bon marché, après les avoir toutes expérimentées :

Le suif.	L'huile de noix.
La stéarine.	Une dissolution de colophane et de térébenthine.
Le blanc de baleine.	Le baume du Canada.
La cire vierge.	Le vernis au mastic.
La cire et la colophane.	Le vernis blanc.
La colophane.	Le vernis à la gomme laque.
L'huile de lin.	
L'huile grasse ou lithargyrée.	

142. La troisième classe de substances, c'est-à-dire celles sur lesquelles la solution métallique exerce une action, est la moins nombreuse, circonstance fâcheuse, car cette classe contient une substance qui est supérieure à toutes les autres pour donner des empreintes délicates, je veux parler du soufre. Le métal qui vient d'être précipité n'est pas plus tôt en contact avec le soufre, qu'il se combine avec lui pour former un sul-

(1) 141. Ce que nous avons déjà dit de l'huile grasse (note 139) relativement à son emploi pour rendre le papier non absorbant, s'applique à bien plus forte raison au plâtre ; mais il faut que cette huile soit appliquée avec attention, pour ne pas former épaisseur sur le sujet en plâtre. On trouvera encore dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, No et note 38, la composition des différentes espèces d'huile grasse et les moyens de les appliquer sur le plâtre.

fure, et le dénature tellement qu'il devient méconnaissable. Le seul moyen de remédier à cet inconvénient, consiste à revêtir le soufre d'une légère couche de vernis, tel que le *white-hard* ou le mastic. Cependant les empreintes en soufre n'ont pas répondu à l'attente des expérimentateurs qui ont employé ce vernis, et comme il y a d'autres substances qui peuvent fournir des empreintes, nous n'insisterons pas plus longtemps sur ce sujet.

143. Les substances non conductrices peuvent être copiées en ayant soin de les revêtir d'une substance conductrice quelconque : l'or, l'argent, le bronze et la poudre de cuivre peuvent être employés dans ce but.

Il y a un autre procédé par lequel les substances non conductrices, telles que les matières animales, végétales et minérales, peuvent être revêtues d'une couche très-mince de métal. L'objet à copier doit être frotté avec une petite quantité d'une dissolution d'un sel d'or, d'argent ou de platine, et, dans cet état, on doit l'exposer à la vapeur du phosphore, obtenue par l'évaporation d'une solution éthérée ou alcoolique de ce dernier ; alors un dépôt métallique en couche très-mince aura lieu à la surface de l'objet qui deviendra ainsi bon conducteur. On a supposé qu'il y avait ici formation d'un phosphure métallique ; mais si un fragment de phosphore est plongé dans une dissolution d'or, d'argent, de platine ou de cuivre, le phénomène se trouvera expliqué, puisque chacun de ces métaux recouvrira le phosphore ; le dépôt de cuivre surtout est d'une grande beauté.

La substance qu'on veut copier, peut aussi être frottée avec la dissolution de l'un des métaux mentionnées tout à l'heure, puis on doit l'exposer soit aux rayons du soleil ou à la chaleur d'un foyer ; dans ce cas, la réduction aura lieu, mais ce procédé est long et ennuyeux, et c'est pour cette raison qu'on l'emploie rarement. Tout autre moyen de réduire les métaux peut également suffire, comme, par exemple, la réduction à l'aide du proto-sulfate de fer, ou du gaz hydrogène (1). Enfin, on peut dorer, argenter, cuivrer les objets en y appliquant ces métaux en feuilles minces ; mais tous ces moyens sont imparfaits et inutiles, puisque nous avons d'autres procé-

(1) 143. Ces divers moyens de métalliser les substances non conductrices sont à peu près abandonnés aujourd'hui que le pouvoir conducteur de la plombagine est un fait hors de doute et incontestable. Voyez néanmoins à l'Appendice les procédés employés pour métalliser diverses substances, *page* 196.

dés plus simples, moins dispendieux et qui répondent mieux au but.

144. Le meilleur moyen de revêtir une substance non conductrice d'une couche de substance couductrice, est l'application sur la première d'un peu de charbon ou de plombagine pulvérisés; dans ce but, on frottera une certaine quantité de l'un de ces corps sur l'objet à copier, de manière à l'en revêtir d'une couche extrêmement mince qui suffira pour remplir le but qu'on se propose. La plombagine est préférable surtout à cause de sa nature onctueuse qui rend son application plus facile. Cette application se fait à l'aide d'un pinceau en poil de chameau, de blaireau, ou en soie de cochon, suivant la nature de la substance qu'on veut recouvrir; cependant on doit avoir soin que les interstices qui existent entre les petites lignes que présente la surface, ne soient pas bouchés, ce qui rendrait la copie imparfaite. Quelquefois on a de la difficulté à faire adhérer une couche mince à la surface; mais si on fait une préparation où la délicatesse des détails n'est point indispensable, une petite quantité de vernis peut d'abord être appliquée; ce moyen convient parfaitement pour les poteries que l'on veut revêtir de cuivre. Quelquefois on emploie un peu d'esprit-de-vin, lorsque ce liquide est de nature à agir sur le moule (comme ceux en cire à cacheter), mais il faut avoir soin de ne pas en rendre la surface rude par un excès d'alcool. On peut faire adhérer la mine de plomb sur certaines substances, en soufflant simplement sur elles avec l'haleine. De quelque manière qu'on obtienne cette adhésion, on doit toujours se souvenir qu'il est de la plus haute importance d'exposer à l'action de la dissolution une surface unie de mine de plomb, plutôt qu'une surface épaisse et rugueuse.

Les opinions contradictoires qu'on s'est faites touchant l'application de la mine de plomb, sont dues entièrement à ce qu'il y a de grandes différences dans les échantillons de cette matière; car si elle n'est pas formée de carbone, elle devient non conductrice. J'en ai trouvé des échantillons qui étaient tout-à-fait sans action, tandis que d'autres étaient d'excellents conducteurs. Il n'y a que l'expérience qui puisse indiquer à l'opérateur si tel ou tel échantillon de mine de plomb possède une qualité conductrice. Il n'existe pas deux fabriques où on puisse l'obtenir semblable, attendu qu'elle peut être naturellement d'une mauvaise qualité, falsifiée, ou

mal préparée. Le meilleur moyen de juger de la qualité de la mine de plomb, est d'en prendre une pincée entre le pouce et l'index, et de la presser entre ces deux doigts : si elle est de bonne qualité, elle se tassera et adhèrera aux doigts. Si on emploie le charbon, il doit être bien carbonisé et réduit en poudre impalpable (1).

145. De toutes ces différentes méthodes, aucune, à mon avis, n'est comparable à l'emploi de la mine de plomb de bonne qualité. La ténuité de sa couche est telle qu'elle ne suffit pas à elle seule pour conduire le courant voltaïque ; mais cette couche si mince, que pour l'apercevoir il faut souvent l'effet de la lumière réfléchie, favorise si bien la diffusion latérale du cuivre, que toute la surface s'en trouve bientôt revêtue : il est curieux d'observer la couche du cuivre tandis qu'elle s'étale sur un moule. Pour mieux juger de ce fait, un fragment de cire à cacheter noire, revêtue de mine de plomb, est très-convenable, attendu que la différence de couleur permet d'observer plus facilement la formation de cette couche : on verra le cuivre, après avoir pris naissance d'un point quelconque du fil conducteur, se déposer sur la mine de plomb et se répandre latéralement jusqu'à ce que toute la surface soit envahie par le métal déposé.

(1) 144. Il n'est peut-être pas de substance sur la nature de laquelle on ait été si peu d'accord, que celle connue sous le nom vulgaire de *plombagine* ou *mine de plomb* : ces deux noms, qui lui ont été donnés sous l'empire de la croyance erronée qu'elle contenait du plomb, ont été depuis remplacés par celui de *carbure de fer*, et enfin de *graphite*. Aujourd'hui les chimistes se sont arrêtés à cette dernière dénomination ; ils considèrent ce produit naturel comme un véritable *carbone* dans un état particulier, et les minéralogistes l'ont classé parmi les combustibles, à côté des *anthracites* ; quoi qu'il en soit, il contient 8 à 9 pour cent de fer sur 91 à 92 de carbone.

Le peu d'efficacité de quelques *graphites* dans l'électro-métallurgie doit être attribuée à la falsification qu'on leur fait quelquefois subir dans le commerce en y mélangeant la *molybdène sulfuré*. Cette fraude a eu pour effet de faire douter un instant de l'efficacité du graphite comme conducteur du courant galvanique. Mais aujourd'hui il est hors de doute que le graphite de bonne qualité possède à un très-haut degré la faculté conductrice. Néanmoins, comme les échantillons de cette matière sont très-variables dans le commerce, on ne saurait apporter trop d'attention pour la bien choisir, et ce n'est qu'après l'avoir essayée pour vérifier sa conductibilité, qu'on devra l'appliquer sur les substances non conductrices.

Le graphite qu'on doit préférer sera léger, pas trop dur, net, uni, luisant, argenté et d'un grain fin et serré ; sa pesanteur spécifique doit être alors d'environ 2 089.

Le lecteur nous saura gré de lui avoir fait connaître ces particularités sur une substance appelée à jouer un si grand rôle dans la galvanoplastie.

CHAPITRE III.

DES LOIS QUI PRÉSIDENT A LA RÉDUCTION DES MÉTAUX.

Métaux qui peuvent être réduits par le courant galvanique, 146. — Etats différents sous lesquels ils sont réduits, 147. — Lois pour la réduction des métaux en poudre noire, 148. — Lois pour la réduction à l'état cristallin, 149. — Lois pour la réduction à l'état métallique pur, 150. — Causes des différences dans la réduction, 151-152. — Moyen de les produire, 153-159. — Moyen d'obtenir une poudre noire, 159. — Des cristaux, 160. — Un métal régulier, 161-165. — Mêmes résultats obtenus à l'aide d'une seule cellule, 165-166. — Temps nécessaire pour obtenir le dépôt métallique, 167.

146. Tous les métaux peuvent être réduits à l'aide du courant galvanique, ou par l'action secondaire de l'hydrogène qui provient de la décomposition de l'eau. Cependant il n'y en a que quelques-uns qui puissent être avantageusement réduits de cette manière pour les besoins des arts. Ce sont : l'or, l'argent, le platine, le palladium et le cuivre ; les autres métaux que je suis parvenu à réduire à l'état métallique (et non pas à l'état de poudre noire ou de cristaux) pour les usages ordinaires, sont : le fer, le bismuth, le zinc, le plomb, l'étain, l'antimoine, le nickel et le manganèse. La plupart de ces derniers peuvent être obtenus en une couche solide, qui se moule exactement sur la forme des substances conductrices, ou non conductrices, sur lesquelles on l'applique, ou comme une mince pellicule destinée à protéger ou à orner le corps sur lequel on la dépose. Ces deux objets à remplir sont si différents, que chacun d'eux exigera un livre séparé. Dans celui-ci nous allons d'abord nous occuper du traitement particulier que requiert chacun des métaux. La manière d'obtenir une couche mince ou épaisse sera traitée plus loin.

147. Les lois qui président à la formation du dépôt de chaque sorte de métal, paraissent être identiques, et quoique fort simples, elles m'ont coûté beaucoup de travail pour les découvrir. Les propriétés dont j'ai à traiter ici, sont relatives à la qualité du métal, sur laquelle diverses circonstances exercent une influence notable. Le métal, réduit, peut se présenter sous trois formes ; 1° en poudre noire ; 2° sous forme de cristaux, 3° sous la forme métallique possédant la ductilité et la malléabilité. Outre ces trois formes, il y en a d'intermédiaires, c'est-à-dire constituées par la réunion de plusieurs d'entre elles ; mais je n'ai point à m'occuper ici de ces dernières.

148. 1re Loi. — Les métaux sont toujours précipités sous forme de poudre noire, quand le courant électrique a assez de force, relativement à celle de la dissolution, pour que l'hydrogène se dégage avec violence du pôle négatif de la cellule à décomposition. Le métal se précipite sous forme d'une poudre spongieuse, lors même qu'il n'y a qu'une petite quantité de bulles d'hydrogène se dégageant dans un court espace de temps, une demi-minute, par exemple.

149. 2e Loi. — Tout métal est précipité sous forme de cristaux, quand le pôle négatif ne produit pas un dégagement d'hydrogène, ou une tendance à ce dégagement. Par le mot *tendance au dégagement* de l'hydrogène, j'entends qu'il faut un courant d'électricité de tension plus considérable, ou une dissolution plus facile à décomposer, pour que le gaz se dégage. Les cristaux sont grands ou petits, suivant les circonstances qui seront indiquées plus loin.

150. 3e Loi. — Pour précipiter les métaux à l'état métallique, c'est-à-dire avec tous les caractères qui leur sont propres, il faut employer une quantité d'électricité juste suffisante pour faire apparaître au pôle négatif les plus petites quantités d'hydrogène. En d'autres termes, la quantité d'électricité qu'on fait passer, si elle ne produit pas un léger dégagement de gaz à ce pôle, doit au moins produire une tendance à ce dégagement. Quand je dis que l'hydrogène doit se dégager légèrement de ce pôle, il faut se souvenir, pour ne pas être induit en erreur, qu'il suffit, pour cela, que quelques bulles de ce gaz adhèrent au pôle négatif, après qu'on a continué l'opération pendant quelques heures. En effet, l'état métallique du dépôt est obtenu dans sa plus grande pureté, lorsque l'hydrogène arrive juste à son point de dégagement, sans que ce dégagement ait lieu au pôle négatif.

151. Les causes de ces variations sont difficiles à comprendre ; cependant, peut-être me sera-t-il permis d'en hasarder l'explication théorique. On a déjà vu plus haut que les métaux peuvent être réduits de deux manières. Ainsi, 1° le professeur Daniell a prouvé qu'un sel métallique cède souvent sa base sous l'influence directe du fluide galvanique. 2° Il est prouvé que le métal peut être réduit, comme résultat d'un effet secondaire, sous l'influence de l'hydrogène qui provient de la décomposition de l'eau. Il me semble donc convenable, dans le cas où l'on veut obtenir le dépôt métallique à l'état ductile, d'agir principalement, si ce n'est entièrement, à

l'aide de la décomposition secondaire, c'est-à-dire par l'intermédiaire de l'hydrogène. Une surabondance de ce gaz fait précipiter le métal sous forme de poudre noire, tandis que, quand il se dégage modérément, il en résulte un précipité de métal ductile et propre à être employé dans les arts. Il est probable que cet état de ductilité est produit par l'agglomération ou condensation des molécules de la poudre noire, de même que le platine métallique est produit par la condensation du platine spongieux. Je dirai même que l'état cristallin provient probablement de la décomposition du sel par l'action directe du courant électrique.

152. Laissons cependant les théories pour ne nous occuper que des faits. En résumé : 1° dans toute dissolution d'un sel métallique, le courant électrique, lorsqu'il est simplement suffisant pour produire l'hydrogène, réduit le métal à l'état malléable et ductile. 2° Le courant électrique, quand il ne suffit pas pour produire le dégagement de ce gaz, précipite le métal sous la forme de cristaux. 3° Et enfin, le dépôt métallique est noir et pulvérulent quand il y a dégagement surabondant de gaz.

153. Le plus léger examen de ces faits suffira pour montrer l'importance des deux propriétés des piles pour la production de ces divers résultats. C'est pour cette raison qu'on voit certains effets résulter de la quantité du courant, et d'autres être produits par son intensité. L'art de régler l'intensité de ce courant est de la plus haute importance, car, d'une part, l'économie exige qu'on emploie le moins de cellules possible, et d'une autre part, dans certaines circonstances, il est nécessaire d'en employer davantage. Le fluide qu'on veut décomposer doit, autant que possible, agir sur le pôle positif de la pile. Ainsi, dans la décomposition des sels d'argent, de fer, de plomb, d'étain et de cuivre, on doit se servir, dans l'appareil à décomposition, de pôles positifs de chacun de ces métaux, ce qui permet de conduire l'opération avec une seule cellule, laquelle, avec une simple batterie, fait beaucoup de travail à peu de frais. Pendant la décomposition, les métaux employés comme électrodes positifs sont dissous également dans la même proportion que la partie de la dissolution aux dépens de laquelle se forme le dépôt métallique. La dissolution conserve aussi toujours la même force.

154. Le degré d'action du liquide sur les pôles positifs, ou plutôt de l'oxygène et de l'acide transportés au pôle positif,

varie avec chaque sel du même métal. Pour régler l'action avec égalité, dans certains cas, on ajoute des acides d'un pouvoir oxydant plus ou moins grand, ou en plus ou moins grande quantité, à la dissolution métallique qui doit être décomposée ; une augmentation ou une diminution de température influe sur l'intensité du courant qu'exigent les différents sels, attendu qu'à une haute température le courant passe avec plus de facilité, l'action sur le pôle positif étant, dans ce cas, plus énergique. Ces particularités seront examinées plus tard avec plus de soin. Mais je dois ajouter ici que, quand cela est possible, on ne doit employer qu'une cellule de sa batterie ; et, quand une seule cellule ne produit pas assez d'intensité, on peut obtenir une compensation, en ajoutant, si on veut, à la dissolution métallique un acide dont l'affinité pour le pôle positif soit plus ou moins grande.

155. Dans les cas où on emploie un anode ou pôle positif de platine, on est forcé d'obtenir une augmentation d'intensité en se servant d'une plus grande série de batteries. Alors on doit employer une quantité de cellules suffisante pour décomposer l'eau. Il suffit, en général, d'en employer 3 ou 4 : il n'est pas nécessaire d'obtenir une intensité plus considérable que celle qu'exige la décomposition de l'eau ; mais il faut avoir soin de bien régler la quantité de l'électricité.

156. La quantité de ce fluide qui traverse un liquide dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de la distance qui sépare les électrodes, de l'étendue de surface que ces derniers offrent au liquide, ou du volume relatif des uns par rapport aux autres. J'ai déjà signalé ces particularités quand j'ai traité des piles voltaïques en général. Cependant chaque variation dans la force de la dissolution exige une quantité différente d'électricité, attendu qu'une augmentation dans la quantité du sel métallique exige également une augmentation dans celle de l'électricité, et *vice versâ*. Cependant l'effet d'une augmentation de *quantité* électrique dans une dissolution où il n'y a pas une *intensité* suffisante pour produire beaucoup d'hydrogène, est seulement d'augmenter la quantité ou le volume des cristaux.

157. La quantité de fluide électrique qui traverse une dissolution exerce une influence curieuse sur l'état des cristaux, car il y a deux variétés de ces derniers : l'une provient d'un défaut de quantité de ce fluide, relativement à la force de la dissolution ; dans ce cas, la plaque métallique qu'on sou-

met à l'opération semble recouverte de sable, tant la couche qui la revêt offre peu de cohésion et de consistance, et tant sa texture est fragile; ceci tient au passage d'une faible quantité de fluide galvanique à travers une dissolution métallique concentrée. La deuxième variété de la forme cristalline des métaux provient d'une quantité d'électricité hors de proportion avec le volume de la plaque ; ainsi, si on emploie un pôle positif de grande dimension, et qu'on le mette en communication avec une forte batterie de faible intensité, et si on se sert en même temps d'une forte dissolution, il y aura un dépôt de cristaux grands et fort durs.

158. Pour appliquer ces lois, il faut tenir compte 1° de la force de la batterie; 2° de la force de la dissolution; 3° de l'arrangement des pôles dans la cellule à décomposition; 4° et enfin de la température de la dissolution qu'on veut décomposer.

159. Quelle que soit la dissolution qu'on emploie, on peut augmenter le dégagement de l'hydrogène, lorsqu'on veut obtenir le dépôt de poudre noire: dans ce but, on augmente l'intensité et la force de la batterie, on diminue le volume du pôle négatif, on augmente celui du pôle positif, on rapproche les pôles ou électrodes, et enfin on élève la température. Toutes ces conditions réunies ensemble, ou utilisées séparément, favorisent l'augmentation du fluide électrique et le dégagement du gaz hydrogène.

Quel que soit le volume du pôle négatif, on peut obtenir un dépôt de poudre noire, en augmentant l'intensité et la force de la batterie, en donnant une plus grande dimension au pôle positif, en diminuant la quantité de sel métallique que contient la dissolution, en même temps qu'on ajoute une nouvelle quantité d'acide à cette dernière; et, enfin, en rapprochant les pôles.

On peut, à l'aide de n'importe quelle batterie (pourvu toutefois qu'elle ait assez de force pour décomposer l'eau), obtenir un dépôt de poudre noire en diminuant le volume du pôle négatif, en augmentant celui du pôle positif, en rapprochant ces pôles, et en ajoutant à la dissolution un acide très-étendu.

160. Dans le but d'obtenir un dépôt cristallin avec une dissolution quelconque, on augmente la quantité d'électricité, en même temps qu'on diminue l'intensité provenant de la bat-

terie; on augmente le volume du pôle positif, on diminue celui du négatif et on les rapproche l'un de l'autre.

Pour obtenir un dépôt cristallin à l'aide d'une plaque négative quelconque, on diminue l'intensité de la batterie, on augmente l'étendue de cette dernière, on sature la dissolution avec le sel métallique, et on a soin de ne pas l'aciduler. Le pôle positif peut être augmenté de volume et rapproché de l'autre pôle.

On peut obtenir ce dépôt cristallin à l'aide de n'importe quelle batterie, en saturant la dissolution avec le sel métallique, sans addition d'acide, et diminuant le volume de l'électrode négatif, en augmentant celui du positif, et en les rapprochant.

161. Cependant le point principal est d'obtenir un dépôt à l'état métallique; à cet effet, il faut que l'hydrogène soit seulement sur le point de se dégager, ce qui est important et difficile à atteindre. Quelle que soit la nature de la dissolution, si on trouve la quantité d'hydrogène trop abondante, on peut ou augmenter le volume du pôle négatif, ou diminuer celui du positif, ce qui suffira dans beaucoup de cas; mais comme dans quelques circonstances on veut laisser aux deux électrodes le même volume, il faut alors diminuer la grandeur des éléments de la batterie et la force de sa charge. Quelquefois, par exemple, j'emploie ma batterie après l'avoir amorcée avec de l'eau et une très-petite quantité d'acide; quand on veut augmenter la rapidité de l'opération, on doit diminuer le dégagement de l'hydrogène en augmentant la quantité du sel métallique de la dissolution. Il suffira, dans plusieurs cas, de varier la distance d'un pôle à l'autre pour régler le dégagement de l'hydrogène.

Les modifications opposées aux précédentes sont également applicables au cas où il n'y a pas une suffisante production d'hydrogène. En réglant la force de la dissolution métallique et en y ajoutant plus ou moins d'acide étendu, le dégagement de l'hydrogène, dans n'importe quelle pile, sera parfaitement apprécié, pourvu que cette pile soit assez forte pour décomposer l'eau.

162. Ainsi on peut obtenir la réduction d'un métal quelconque sous l'une des trois formes précédemment indiquées, en mettant une quantité plus ou moins grande de sel métallique dans la dissolution, en se servant d'un pôle négatif de n'importe quelle forme, ou d'une pile grande ou petite, ou enfin à l'aide d'une température plus ou moins élevée.

163. On a imaginé une expérience intéressante pour démontrer ces lois d'une manière simple et évidente. On introduit dans un grand vase une forte dissolution de sulfate de cuivre, on verse doucement dessus de l'acide sulfurique étendu avec un peu de sulfate de cuivre. La dissolution saturée de sulfate de cuivre étant plus lourde, reste au fond; l'acide sulfurique au contraire surnage; puis on plonge dans le fond du vase un long fil métallique qui joue le rôle de métal négatif; on complète le circuit, peu de temps après on retire le fil; la partie qui plongeait dans le fond du vase se trouve revêtue de cristaux de cuivre épais et durs. Vers le milieu du fil on trouve des cristaux plus flexibles, et à la partie supérieure on rencontre une masse métallique spongieuse. On agite alors le liquide, afin d'en bien mélanger toutes les parties, puis on y introduit un autre fil métallique, et l'on obtient alors un dépôt de cuivre d'une texture uniforme.

164. En détaillant les lois ci-dessus, on a vu qu'à l'aide de la batterie, on pouvait régler avec la plus grande exactitude la quantité et l'intensité du courant. Les mêmes principes s'appliquent au cas où le métal sur lequel la réduction doit avoir lieu devient pôle négatif, par rapport à un fragment de zinc contenu dans un tube poreux; mais on ne peut pas user de ce moyen avec toute la délicatesse que comporte l'emploi de la batterie.

165. La quantité d'électricité dans un appareil à une cellule peut être accrue en augmentant l'étendue du pôle zinc, en le rapprochant du pôle négatif, en diminuant autant que possible toutes les résistances qu'on rencontre par l'emploi des diaphragmes, et en augmentant l'acide de la dissolution qui agit sur le zinc. La quantité d'électricité peut de la même manière être diminuée, en adoptant un procédé inverse. Dans l'emploi de l'appareil à une cellule, aussi bien que dans celui de la batterie, la force de la dissolution métallique qui doit être décomposée exerce son influence sur la quantité d'électricité qu'exige la réduction du métal. La même chose a lieu, que la dissolution soit neutre ou acide. Nous avons bien suffisamment fixé l'attention sur les circonstances différentes dans l'emploi des batteries, lorsque nous avons parlé des effets produits par ces circonstances. Les faits précédents suffisent à eux seuls pour montrer l'imperfection de l'appareil à une seule cellule, et la supériorité du procédé par la pile.

166. Il y a certaines particularités inhérentes à chaque mé-

tal, et même à chaque sel du même métal. Chacun d'eux exige des manipulations un peu différentes, qui dépendent des circonstances dans lesquelles la réduction du métal a lieu. Les variétés dans les procédés opératoires seront examinées dans le chapitre suivant.

167. Voyons maintenant l'influence que le temps exerce sur chacun d'eux. Est-il nécessaire, comme tous les auteurs l'ont dit, que la précipitation voltaïque ait lieu lentement? Les lois fondamentales qui régissent la précipitation des métaux répondent négativement; car, si le pouvoir électrique est réglé d'après la force de la dissolution, la précipitation peut avoir lieu avec rapidité. En effet, je prouverai plus loin que la réduction des métaux peut être effectuée plus promptement qu'on ne le croirait au premier abord, parce que la précipitation est soumise aux mêmes lois, qu'elle ait lieu lentement ou rapidement.

CHAPITRE IV.

DE LA RÉDUCTION DES MÉTAUX, DE LEURS COMBINAISONS DIVERSES.

Réduction de l'or, 168; — Du platine, 169; — Du palladium 170. — Remarque générale, 171. — Réduction de l'argent; de son nitrate, 172; — De son sulfure, 173; — De son acétate, 174; — De son hyposulfite, 175; — De son ammonio-nitrate, 176. — Réduction du nickel, 177. — Réduction du cuivre; de son sulfate, 178-179; — De son nitrate, 179 *bis*; — De son chlorure, 180; — De son acétate, 181; — De son ammoniure, 182. — Pôle positif en cuivre, 183. — Pôle négatif, 184. — Cuivre réduit, 185. — Bronzage, 186. — Réduction du zinc, 187. — Réduction du fer, 188. — Réduction du plomb, 189. — Réduction de l'étain, 190. — Conclusion, 191.

168. Nous avons à traiter maintenant des métaux qui peuvent être précipités de leurs sels par le courant galvanique, et des soins particuliers qu'exige chacun d'eux (1).

(1) 168. Quoique les procédés récemment découverts par MM. Elkington et de Ruolz pour la réduction de l'or, de l'argent et du platine, etc., soient intimement supérieurs à ceux décrits par M. Smee, nous avons cru devoir laisser subsister en entier la description de ces derniers, Nos 168 à 177. Les travaux de M. Smee, quoique bien antérieurs à ceux de MM. de Ruolz et Elkington, avaient déjà presque résolu le problème de la dorure galvanique. Ils méritent donc d'être connus de ceux qui se livrent à l'étude de l'électro-métallurgie, parce qu'ils y trouveront peut-être les éléments de nouveaux progrès.

Nous donnerons à l'Appendice tous les procédés de dorure galvanique successivement proposés par MM. De la Rive, Boettger, Elsner, et enfin par MM. Elkington et de Ruolz.

Nous devons néanmoins faire observer dès à présent que la réduction de l'or par le

Les sels de tous les métaux précieux peuvent être facilement décomposés, et l'hydrogène a une grande tendance à se dégager pendant leur décomposition; sous ce rapport, leur réduction exige les plus grands soins. L'or est généralement dissous dans l'acide hydrochloro-nitrique (eau régale), qui forme alors un chlorure ou hydrochlorate de ce métal. Ce chlorure est très-soluble et est un excellent conducteur. L'hydrogène paraît avoir une grande tendance à se dégager sous l'influence de la quantité d'électricité qui se forme pendant la décomposition de ce sel. La dissolution qu'on emploie peut être très-concentrée ou très-faible, mais il faut avoir soin de se conformer aux lois déjà mentionnées; car s'il ne se dégage pas d'hydrogène au pôle négatif, aucune précipitation d'or n'aura lieu sous forme de poudre noire, et de cette manière j'ai pu obtenir une dissolution d'or tout-à-fait incolore. La surface du métal négatif sur laquelle le dépôt se forme doit être brillante, et on doit faire passer une très-petite quantité d'électricité. Mais peu importe son intensité relativement à la force de la dissolution métallique. Le pôle positif doit être petit, et en variant le volume de celui-ci, on peut régler avec la plus grande exactitude la quantité du fluide électrique qu'on fait passer; en suivant ces règles, il ne sera pas difficile de précipiter l'or de la dissolution la plus forte. Pendant la décomposition de ce sel, le chlore est mis en liberté et peut attaquer légèrement le pôle positif, mais d'une manière presque insensible.

Le pôle positif doit être construit avec un fil fin de platine ou d'or, et il suffit, dans la plupart des cas, d'en plonger seulement l'extrémité dans la dissolution.

Le pôle négatif peut être en or, en charbon ou en platine, car tous ces corps peuvent être recouverts d'or, n'étant pas susceptibles d'être attaqués par la dissolution de ce métal. On peut employer même les métaux qui agissent sur la dissolution, en ayant soin toutefois de ne pas laisser ces métaux un seul instant en contact avec le liquide, avant que le circuit galvanique ne soit complété. D'abord la dissolution devra être très-faible; mais une fois qu'on a obtenu une surface dorée, on peut la rendre plus forte en y ajoutant une dissolution plus concentrée. Plus la plaque négative sera grande, plus la

galvanisme ne peut guère avoir lieu que sur un autre métal; et qu'en général, elle réussit médiocrement sur les substances non conductrices. Nous signalons ce progrès à faire ultérieurement, aux recherches de nos lecteurs. Voir le No 198, dernier alinéa.

réduction sera effectuée promptement. Car alors le pôle positif n'aura pas besoin d'être aussi petit.

Il y a d'autres sels solubles d'or, tels que la dissolution de son oxyde dans la potasse et la soude, ou dans leurs carbonates et le brômure d'or; mais le chlorure d'or remplira parfaitement le but. Une solution alcaline d'or est moins promptement décomposée que le chlorure d'or, et, peut-être pour cette raison, serait-elle préférable; cependant, avec quelques soins, le chlorure peut être employé dans tous les cas.

169. Le platine peut exister en dissolution sous forme de chlorure, d'hydrochlorate ou de sulfate; les circonstances qui exercent une influence sur la réduction de l'or en exercent une semblable sur celle du platine, et les observations qui concernent le premier métal sont également applicables au second. Il est par conséquent inutile d'y revenir ici. Le chlorure de platine est un bon conducteur et n'exige pour pôle positif qu'un fil de platine très-fin. La couleur du platine ainsi réduit ressemble un peu à celle de l'acier poli, couleur qui forme un grand contraste avec le platine précipité sous forme de poudre noire, tel qu'on l'emploie pour ma batterie (N° 50).

170. Le palladium est soluble dans l'acide nitrique, dans lequel on ajoute une faible quantité d'acide hydrochlorique, et les règles qu'on doit suivre pour obtenir la réduction de ce métal sont les mêmes que celles indiquées pour réduire les métaux précédents.

171. On doit employer dans la réduction de tous ces métaux une batterie composée, ayant un pôle positif de platine dans la cellule à décomposition. Le volume de ce pôle exercera une influence sur la quantité d'électricité (*fig.* 7, *Pl.* II).

L'appareil à une seule cellule peut être employé pour la réduction de ces métaux, mais il est peu convenable, sous ce rapport qu'il n'est pas facile de le diriger. On doit le construire de manière à ce qu'il n'admette que le passage d'une très-petite quantité d'électricité, et l'expérience m'a démontré qu'un tube à orifice capillaire était ce qu'il y avait de mieux pour remplir l'office du récipient intérieur (113).

172. L'argent, sous le rapport de son importance pratique, exige la plus sérieuse attention. Examinons donc successivement le nitrate, le sulfate, l'acétate, l'hyposulfite et l'ammoniure de ce métal.

Le nitrate d'argent est de tous les sels de ce métal le moins

convenable pour en obtenir la réduction, et quand on en fait usage, l'hydrogène a une grande tendance à se dégager. C'est pourquoi, dans ce cas, on doit employer un très-faible courant. La cellule à décomposition doit contenir un pôle positif de platine ou même d'argent, attendu que ce dernier étant dissous entretient toujours le même état de saturation du liquide. Quand on emploie un pôle positif d'argent, on court risque d'augmenter la quantité d'électricité. C'est pourquoi on ne doit employer qu'un fil de ce métal; alors, la profondeur à laquelle l'opérateur le plonge dans le fluide réglera la quantité du courant.

Le pôle négatif qu'on place dans cette dissolution, et qui doit recevoir le dépôt métallique, peut être formé d'or, de platine, de charbon ou d'argent; mais les autres métaux ne sont nullement propres à cet usage, à cause de l'énergie qu'ils déploient pour décomposer la dissolution. La force de la dissolution de ce sel peut être portée de 85 centigrammes à 23 grammes (16 à 420 grains) par 30 grammes (par once) d'eau, en ayant soin de régler la quantité d'électricité d'après la force de la dissolution, comme on l'a déjà dit.

173. Le sulfure d'argent, autre préparation de ce métal, est un sel soluble, qu'on se procure à bon marché, et qui présente une grande facilité pour obtenir le dépôt métallique, attendu qu'il peut s'appliquer sur les métaux qui ont plus d'affinité pour l'oxygène que l'argent. On peut précipiter l'argent de cette dissolution sur le cuivre, en employant un faible courant électrique. On doit empêcher le dégagement du gaz dans ces cas, et on parvient à ce résultat par l'emploi du blanc d'Espagne. A cet effet, on frotte l'objet avec cette substance avant de l'immerger dans le liquide; cette friction est également faite plusieurs fois pendant la durée de l'opération, et le succès paraît dépendre en grande partie de l'application répétée du blanc d'Espagne sur toute la surface de l'objet, afin d'enlever les particules pulvérulentes d'argent qui peuvent s'y former.

174. L'acétate d'argent est aussi un sel soluble qu'on se procure à bon marché et qui remplit parfaitement le but. Cependant, quand on emploie ce sel, il faut avoir soin de régler la quantité d'électricité. En somme, les deux derniers sels que nous avons indiqués sont les plus propres à entrer dans les dissolutions, attendu que la réduction de l'argent peut en être obtenue facilement.

Google

175. On se procure sans peine l'hyposulfite d'argent en ajoutant un hyposulfite quelconque, tel que celui de potasse, au nitrate, au chlorure, ou à tout autre sel d'argent. Il y a une si grande affinité entre ce métal et cet acide, que l'hyposulfite décompose les sels les plus insolubles d'argent. Les hyposulfites des alcalis peuvent être préparés en ajoutant de l'acide sulfureux à leurs sulfures, comme, par exemple, au sulfure de potassium ou de sodium. Ce sel d'argent est assez soluble et exige une plus grande quantité d'électricité pour sa décomposition que le nitrate.

176. Le nitrate ammoniacal et le chlorure ammoniacal d'argent sont très-solubles, mais n'offrent pas d'avantages particuliers pour obtenir un dépôt métallique.

On doit prendre de grands soins dans l'emploi de ces derniers sels; car si la dissolution était quelque temps livrée à l'évaporation de manière à laisser des parties desséchées sur les parois du vase, il serait de la plus grande imprudence d'y toucher. Car un sel fulminant se formerait, et si on y touchait seulement avec le doigt pour l'enlever des parois du vaisseau, une explosion terrible aurait lieu. J'appelle une attention toute particulière sur ce fait, car je l'ai appris à mes propres dépens, puisque j'y ai presque perdu l'œil droit. Ces sels sont de bons conducteurs, et on peut employer leur dissolution à tous les degrés de concentration. On doit rendre cette dernière alcaline à l'aide d'un excès d'ammoniaque. Un pôle négatif propre à recevoir le dépôt d'argent, est celui qu'on fait avec le platine, l'or, le palladium, le charbon, ou l'argent lui-même, toutes ces substances étant inattaquables par la dissolution. Ainsi, toutes les fois qu'on veut obtenir une copie en argent, l'original doit toujours être fait d'un de ces métaux.

L'argent peut être obtenu de l'un de ces sels, à l'état spongieux, avec la plus grande facilité, en ayant soin d'augmenter la quantité d'électricité.

177. Le nickel n'exige pas beaucoup de soins, il peut être réduit d'une dissolution contenant du nitrate de nickel en se servant d'un faible courant. Ce métal excellent, et d'un prix peu élevé, est fort utile pour revêtir le cuivre et d'autres métaux. Quand on opère sur cette substance, aussi bien que sur toutes les autres, il faut bien prendre garde que l'hydrogène ne se dégage du métal négatif, quoiqu'il faille cependant que ce gaz soit sur le point de se dégager (150).

178. Quoique la manipulation des métaux dont je viens de parler soit extrêmement intéressante par sa nouveauté, cependant il n'y a peut-être pas de métal plus important que le cuivre pour fournir un dépôt métallique ; sa réduction peut avoir lieu à l'aide de plusieurs de ses sels, dont les plus dignes d'attention sont : le sulfate, l'hydrochlorate, le nitrate et l'acétate de cette base. Le sulfate est le plus communément employé à cause de son prix peu élevé : il laisse déposer 25 parties de cuivre métallique pur pour 100 parties de sulfate décomposé par le courant voltaïque, et 27 parties de zinc sont dissoutes pour 25 parties de cuivre réduit. Ce sel est un peu difficile à décomposer, et il offre une résistance considérable au passage du courant électrique. Son pouvoir conducteur, et par conséquent sa facilité à être décomposé, peuvent être augmentés par l'addition d'un acide à la dissolution ; à cet effet, on peut choisir l'acide sulfurique ou l'acide azotique étendus. La dissolution faite avec 500 grammes (1 livre) de ce sel dans 2 kilogr. (4 livres) d'eau, avec addition d'un tiers ou de moitié de son volume d'acide sulfurique étendu, est utile en beaucoup de cas. L'acide étendu doit être formé d'une partie d'acide sulfurique pour 8 parties d'eau ; on aura soin d'agiter le mélange. Cette dissolution est extrêmement avantageuse quand on veut obtenir une couche métallique sur des substances non conductrices, préalablement recouvertes d'une couche de plombagine, parce que l'hydrogène, avec une batterie suffisante, n'a pas autant de tendance à se dégager.

Une modification peut être faite ici en employant un peu moins d'acide sulfurique étendu, et en même temps en ajoutant un peu d'acide nitrique, à l'aide duquel le pouvoir conducteur de la dissolution est naturellement augmenté. L'acide nitrique attaque le pôle positif, en sorte que la dissolution métallique en devient plus forte. Si cet effet est trop fort, on doit étendre la dissolution. Le pôle positif est plus disposé à être attaqué quand l'action a duré quelque temps, car il se forme de l'acide nitreux qui aide à l'action de la dissolution. Dans ces deux cas, la réduction a lieu avec une grande rapidité. L'effet des acides est de diminuer la résistance offerte au passage du courant électrique, ou, ce qui revient au même, d'en augmenter l'intensité. On trouve que la qualité du cuivre obtenue par l'une ou l'autre de ces méthodes est la même : le métal est flexible, malléable et ductile, mais peu élastique ; pour obtenir ces qualités au plus haut degré, le dégagement

de l'hydrogène doit être réglé d'après la force de la dissolution, de telle sorte que quand la plaque y a séjourné quelques heures, on voie quelques bulles d'hydrogène y adhérer. Je fais en sorte, en général, d'obtenir le cuivre un peu dur et élastique, et je parviens à ce but en augmentant la force de la dissolution.

La dissolution acide ne doit pas être employée quand la plaque négative ou le moule qu'on veut copier est formé d'un métal plus oxydable que le cuivre, car l'acide agirait sur cette plaque ou sur ce moule, et pourrait même les dissoudre entièrement. Dans ce cas, une dissolution neutre doit être employée (1). Si on veut que le cuivre possède les qualités que j'ai déjà signalées, on doit employer une série de deux, trois, quatre, et même d'un plus grand nombre de batteries; par ce moyen on obtient une grande intensité, et la tendance à l'évolution du gaz est accrue. Ajoutons que les frais sont alors doubles, triples, quadruples de ceux qui accompagnent l'emploi d'une seule batterie. On peut aussi donner au métal une texture flexible en faisant usage d'une dissolution neutre étendue, avec une seule batterie, ou même en employant une dissolution plus forte qu'on portera à une haute température.

On peut donner au cuivre la plus grande dureté (quoiqu'il soit dans ce cas plus fragile), en adoptant des dispositions un peu différentes; on emploie alors une dissolution saturée de sulfate de cuivre, sans addition d'acide, et un pôle positif très-grand, ainsi qu'une cellule d'une dimension assez forte pour produire une quantité considérable d'électricité. Par ce moyen on obtiendra un cuivre extrêmement dur et d'une apparence légèrement cristalline; quant à la fragilité, elle dépend de la structure cristalline, comme le démontre un examen mécanique; car, si on brise un fragment de ce cuivre, on verra que ses particules n'adhèrent que légèrement les unes aux autres. Cependant, quand on précipite le métal sous cette forme, le résultat présente quelquefois des bizarreries vraiment curieuses, car le dépôt, qui est en grande quantité, envahit les deux faces de la plaque; quelquefois ce dépôt se fixe dans un angle de cette plaque, et y produit des efflorescences qui paraissent dues à la même cause.

(1) 178. Nous pensons, d'après notre expérience, qu'il y a presque toujours inconvénient à mêler un acide, même très-étendu, à la dissolution du sulfate de cuivre. Il en résulte presque toujours l'altération ou la perte des modèles, lorsqu'ils sont en métal. En général, pour obtenir un bon résultat, la solution de cuivre doit être aussi neutre et aussi concentrée que possible, ainsi que le recommandent MM. Jacobi et Spencer.

179. D'après ce qui précède, c'est une erreur grossière de supposer que la fragilité ou flexibilité, que la dureté ou la ductilité du cuivre dépendent seulement de la plus ou moins grande quantité d'électricité produite, ou, en d'autres termes, de la rapidité du procédé ; car une plaque peut être soumise pendant quinze jours à l'opération, et présenter assez de fragilité pour être brisée au moindre effort; quelquefois, au contraire, quoique le procédé soit exécuté en deux jours, le métal est doué d'une grande flexibilité (1). Nous pouvons obtenir l'inverse de ces résultats, en changeant les conditions qui servent à les produire; ainsi, une plaque peut être, pendant quinze jours, soumise à l'opération, et cependant être flexible, en ayant soin d'employer une dissolution faible et un léger courant; d'autres fois, la plaque est fragile, quoiqu'elle ait été obtenue en deux jours, c'est ce qui arrive quand on emploie un fort courant et une dissolution concentrée. La flexibilité dépend de la quantité d'électricité qu'on proportionne à la facilité avec laquelle on obtient la réduction du métal d'une dissolution quelconque, et de la quantité de sel contenue dans cette dissolution ; ainsi, on doit employer une petite quantité d'électricité pour une dissolution neutre composée seulement de sulfate de cuivre; si l'on veut obtenir une plaque flexible et molle, une dissolution plus forte avec une série de batteries peut être employée avec le même résultat : si la dissolution est très-acide, on peut obtenir les mêmes effets avec une plus grande quantité d'électricité, à l'aide d'une seule cellule, en se conformant aux lois qui régissent la précipitation.

Une fragilité extrême peut être obtenue en employant une petite quantité d'électricité dans une forte dissolution. En effet, dans ce cas, la plaque paraît être entièrement formée d'une agglomération de sable.

Le cuivre peut toujours être précipité sous la forme d'une poudre noire, en se servant d'une batterie puissante, ou en suivant les autres méthodes dont nous avons parlé en formulant les lois (148 *et suiv.*).

179 *bis*. Le nitrate de cuivre est un sel beaucoup plus fa-

(1) 179. Presque tous les auteurs qui ont écrit sur la galvanoplastie avaient posé en principe que pour obtenir un cuivre doux et malléable, une grande lenteur dans la réduction et un faible courant étaient nécessaires. M. Smee a victorieusement réfuté cette opinion, et il démontre que le dépôt peut avoir lieu lentement ou avec rapidité, pourvu qu'on dirige avec discernement les circonstances qui accompagnent ce dépôt. Nous signalons ce fait parce que l'erreur contraire n'est pas encore suffisamment déracinée.

cile à décomposer que le sulfate; mais il est dispendieux, et sa préparation est longue, à moins qu'on n'emploie une forme d'appareil où la dissolution soit maintenue dans la même force à l'aide d'une plaque positive en cuivre. La dépense première est la seule que l'on subit: c'est donc une question de savoir si, en général, il n'est pas plus avantageux d'employer la dissolution de nitrate de cuivre. L'électro-métallurgiste peut facilement le préparer pour son propre usage, en faisant dissoudre le cuivre métallique dans de l'acide nitrique. L'opérateur doit éviter de s'exposer aux vapeurs d'acide nitreux qui se dégagent, et qui ne sont pas sans danger. Ce nitrate de cuivre peut être acidulé avec de l'acide nitrique, qui augmentera assez son pouvoir conducteur pour empêcher qu'aucun obstacle ne s'oppose au courant, quand on emploie un pôle positif en cuivre. L'hydrogène, ici, a une tendance à se dégager, parce qu'il n'y a que peu d'obstacle au passage du courant électrique. Le cuivre obtenu de cette dissolution est excellent, et la rapidité avec laquelle il se dépose surpasse celle qu'on obtient à l'aide des autres sels de ce métal, parce que, lors même qu'on augmente la force de dissolution, le métal conserve de la résistance. Quand on emploie cette dissolution, on met 500 grammes (1 livre) du sel métallique dans un litre d'eau acidulée. Avec 16 grammes (1/2 once) d'acide nitrique concentré à l'aide d'une dissolution de ce sel acidulée et saturée, on peut obtenir une plaque de cuivre avec la plus grande promptitude. Le pôle positif en cuivre doit être de la même dimension que le pôle négatif, et on doit les placer tous deux à 1 centimètre (5 lignes) de distance; une série de 4 à 6 batteries doit être employée à la température ordinaire; et, si celle-ci est plus élevée, un nombre moindre de batteries suffira. On ne doit jamais obtenir une plaque de cette manière, à moins qu'on ne puisse faire autrement, car, quoique la qualité du cuivre soit égale et même supérieure à celle du cuivre obtenu par une seule cellule, cependant les frais que nécessite le dépôt ainsi obtenu sont plus grands.

180. Le chlorure de cuivre peut être employé, mais je ne sache pas que son application soit accompagnée d'aucun avantage. Il est plus difficile à décomposer que le nitrate, mais moins que le sulfate. Il y a plusieurs autres sels de cuivre, mais ils n'offrent pas, en général, un très-grand intérêt à l'électro-métallurgiste. Parmi ceux qui peuvent être employés, nous citerons l'ammoniure, l'acétate et l'hyposulfite de cuivre;

ces sels n'offrent aucun avantage lorsque le cuivre, ou tout autre métal d'une moindre affinité pour l'oxygène, est employé comme pôle négatif. Cependant, avec les métaux ayant une plus grande affinité pour l'oxygène, on peut les employer avec succès, car il est important que le métal négatif n'exerce lui-même aucune action sur la dissolution saline; autrement le dépôt serait imparfait.

181. L'acétate de cuivre se prépare en faisant digérer le vert-de-gris ordinaire dans de l'acide acétique, et en évaporant la liqueur jusqu'à ce que les cristaux soient formés. C'est un sel difficile à décomposer, et qui exige pour cela la force produite par plusieurs cellules; le seul avantage de son application est la propriété qu'il possède de n'être pas décomposé par le fer lorsqu'il est à l'état neutre.

182. Les combinaisons que l'ammoniaque forme avec les sels de cuivre sont: l'ammoniure de l'oxyde de ce métal, le nitrate-ammoniacal et le sulfate-ammoniacal de la même base; la réduction de ce métal des combinaisons précédentes est accompagnée de difficultés, et il est nécessaire que la dissolution soit rendue alcaline par l'addition d'un peu d'ammoniaque. Le fer et l'acier ne décomposent pas spontanément ces combinaisons de cuivre, mais il est à craindre que le seul avantage qui accompagne leur application ne compense pas l'embarras et la difficulté inhérents à ce procédé. Ces derniers sels exigent une série de batteries pour que leur décomposition puisse avoir lieu.

Pour récapituler les modes de procéder suivant les diverses solutions de forces différentes, je dois faire observer que plus un sel peut être décomposé avec rapidité, plus la dissolution doit être forte, et *vice versâ*.

La dissolution concentrée d'un sel exige plus d'intensité et de quantité dans le courant qu'une dissolution faible, tandis que celle-ci n'exige que le courant produit par une seule batterie. Voilà le secret de régler la qualité du cuivre, et il a eu une part importante dans la découverte des lois générales précédemment exposées, car, dans l'un ou l'autre cas, l'hydrogène est tout près de se dégager lorsque la texture du cuivre est à son plus haut degré de tenacité.

183. J'ai déjà dit que le cuivre en feuilles peut être employé comme pôle positif de la cellule à décomposition, attendu que, pendant l'action de la batterie, il est dissous dans une proportion égale à celle qui est réduite au pôle négatif.

Il est curieux de voir avec quelle régularité la plaque est amincie jusqu'à ce qu'elle ait complètement disparu; mais, pendant cette opération, on voit un résidu considérable d'une matière noire (probablement du charbon), provenant des impuretés qui se rencontrent dans le cuivre. Si une plaque électrotypique est employée comme pôle positif de l'appareil, il n'en restera pas une seule particule, car la totalité sera dissoute (1). Une partie du pôle cuivre de la batterie peut aussi être dissoute partiellement, si l'on ne revêt la presque totalité de sa surface d'un vernis, ou d'une substance capable de résister à l'action du liquide; c'est là une propriété dont nous aurons à nous entretenir plus loin.

184. Le pôle négatif peut être fait de plombagine, de charbon, d'or, d'argent, de platine, de palladium, de nickel, et même de cuivre; car tous ces corps sont propres à recevoir le dépôt cuivreux. Tous les autres métaux éprouvent plus ou moins d'action de la part de la dissolution, quoique le plomb et ses alliages puissent être employés avec le sulfate de cuivre, particulièrement si la solution est étendue. L'étain est de beaucoup inférieur au plomb pour recevoir le dépôt cuivreux, attendu qu'il est plus facile à attaquer (2).

185. Le cuivre, ainsi réduit, revêt la forme et l'apparence du moule sur lequel il a été déposé. Si la surface de ce moule est polie, la copie le sera également, et la couleur sera, dans plusieurs circonstances, très-légèrement changée, surtout lorsque ce moule est en cuivre. La surface n'est pas si brillante quand le plomb, l'étain et d'autres métaux semblables servent à l'opération; mais lorsque l'on applique de la plombagine sur des surfaces polies, telles que la cire à cacheter ou la cire vierge, la surface de la copie est parfaitement brillante.

186. Pour les copies de médailles, la couleur naturelle du cuivre n'est pas convenable, et il vaut mieux employer la couleur de bronze qui présente une plus jolie apparence. Celle-ci peut être obtenue de plusieurs manières. Le procédé le plus généralement adopté est le suivant; on recouvre la médaille avec de l'oxyde de fer, on la place dans une moufle, et, dans cet état, on la soumet à l'action de la chaleur; lorsqu'on la retire du feu il suffit de la brosser.

Cependant, d'ordinaire, j'emploie des moyens plus prompts

(1) 183. Ce seul fait suffit pour démontrer l'extrême état de pureté à laquelle les métaux sont réduits par la pile.

(2) 184. Voir le dernier alinéa de la note 135.

pour bronzer. L'un d'eux consiste à frotter la médaille avec de la mine de plomb, après l'avoir retirée de la dissolution ; on la met ensuite sur le feu et on la chauffe modérément ; on doit ensuite la brosser vivement avec un pinceau rude en soie de porc, en la mouillant légèrement, afin d'enlever l'excédant de mine de plomb. On obtient ainsi une couleur bronzée, uniforme et brillante. Aucune méthode pour bronzer n'est préférable à celle-ci pour la beauté de sa couleur, attendu qu'une médaille tout récemment préparée offre cette belle teinte antique si prisée par les numismates. Dans ces opérations, je crois qu'il se forme un oxyde de cuivre, et c'est à lui probablement que cette teinte doit surtout être attribuée. Il est remarquable qu'une médaille ne peut être bronzée de cette manière que lorsqu'on l'a récemment retirée de la dissolution, car si on la laisse quelques jours sans la bronzer, on n'y parviendra plus par ce moyen.

Les fabricants d'instruments ont un moyen de bronzer le cuivre qu'ils appliquent aux vis et aux autres parties de leurs appareils. Il consiste à frotter le métal avec une faible dissolution de platine. Il y a alors une portion de cuivre qui est dissoute et une proportion équivalente de platine qui se précipite. Ces fabricants protègent ce bronzage à l'aide d'un vernis ; mais ce dernier mode ne doit pas être appliqué aux impressions délicates. Une dissolution d'or atteindrait le même but ; mais le prix élevé de ce métal empêche qu'on ne l'emploie.

Un autre excellent moyen pour bronzer consiste à appliquer sur le métal une dissolution très-faible d'hydrosulfate d'ammoniaque ou de sulfure de potassium. On obtient alors un sulfure métallique qui donne une magnifique couleur à la médaille.

Le but qu'on se propose par l'emploi de ces méthodes est de rehausser la beauté de la main-d'œuvre, résultat que l'on obtient à l'aide de la couleur dont je viens de parler. Le choix de ces méthodes est laissé à l'opérateur ; mais il n'y en a peut-être pas de supérieure, ou même d'égale au bronzage par la mine de plomb, lorsque, toutefois, l'opération est exécutée avec soin, et d'après les règles que j'ai tracées (1).

(1) 186. Voici un procédé de bronzage que nous croyons supérieur à tous les autres, parce qu'il n'exige pas l'emploi de la chaleur, et qu'il peut donner toutes les nuances de bronze usitées dans la numismatique ; il réunit de plus la simplicité à l'économie :

On prend : Pierre sanguine 5
Mine de plomb 8

187. Le zinc peut être précipité de son sulfate, en plaçant le métal qui doit recevoir le dépôt dans une dissolution de ce sel. On doit faire communiquer ce métal avec le zinc de la batterie, tandis qu'un autre fragment de zinc est mis en communication avec l'élément d'argent. La profondeur à laquelle le zinc doit être immergé dans la dissolution est réglée de telle sorte que l'hydrogène soit sur le point de se dégager. Il faut employer, dans ce cas, un courant un peu faible. La réduction du zinc n'est pas d'une grande importance en elle-même, quoiqu'elle soit digne d'intérêt, considérée sous le point de vue de ses rapports avec les éléments des piles galvaniques; car, si, dans une série composée, par suite d'une cause quelconque, la totalité du fluide d'une batterie est neutralisée, alors cette dernière sera dans les mêmes conditions que l'appareil employé pour la réduction du zinc. Dans ce cas, le zinc se déposera immédiatement sur l'élément négatif. Ce phénomène se manifestera dans toutes les formes de batteries employées aujourd'hui. Cependant, c'est une propriété sans importance, attendu que l'action de la pile doit être arrêtée avant qu'elle ne soit épuisée. Lorsque ce dépôt a lieu, on peut l'enlever facilement en mettant la plaque en contact avec un métal qui puisse agir sur lui comme pôle négatif. Cette précaution est nécessitée par la difficulté avec laquelle le zinc, à l'état de pureté, est dissous dans l'acide. Aussitôt qu'on a saturé avec du sulfate de zinc le fluide qui agit sur une douzaine de batteries arrangées en série, le zinc se déposera sur le pôle négatif, si une seule batterie, parmi toutes, contient de l'acide; ainsi, onze batteries sur douze peuvent avoir leur pôle négatif revêtu d'une couche épaisse de métal, tandis que la dernière n'en présentera pas une seule trace; on ne trouve jamais le zinc dans toutes les batteries d'une série.

188. Les sels de fer ont une grande tendance à être peroxydés; dans cet état, ils ne peuvent être réduits par le courant voltaïque; il faut donc employer le proto-sulfate de fer.

On broie ces deux produits ensemble sur une glace avec un peu d'esprit-de-vin. Il en doit résulter une pâte presque solide que l'on conserve pour l'usage.

Lorsqu'on veut bronzer, on délaie un peu de cette pâte dans l'alcool, et on l'applique en bouillie épaisse, avec un blaireau, sur la surface du cuivre préalablement décapée avec de l'acide nitrique étendu. On laisse séjourner cette composition pendant vingt-quatre heures sur le cuivre. On brossera ensuite avec une brosse demi-rude, jusqu'à ce que la médaille présente un aspect poli et brillant. On peut recueillir la couleur qui tombera pour s'en servir de nouveau.

Il suffira d'augmenter la proportion de sanguine ou de mine de plomb, suivant qu'on désirera une teinte claire ou foncée.

Voir, à l'Appendice, un grand nombre d'autres moyens de bronzer.

La préparation de ce sel exige beaucoup d'attention; la raison pour laquelle on prend tant de soin est due à cette circonstance, que ce sel ne devient pas noir avec le tannin, tandis que ce dernier se transforme en encre avec le persulfate.

Le médecin, s'il ignorait la chimie, pourrait prescrire avec ce sel quelque substance végétale contenant du tannin, et si le sel renfermait un peu de persulfate, son malheureux malade aurait le désagrément de boire, au lieu de médecine, une encre épaisse et dégoûtante. Mais, pour revenir à notre sujet, le dépôt de fer métallique doit être obtenu à l'aide d'une dissolution de proto-sulfate de cette base; le métal sur lequel on veut obtenir le dépôt est mis en communication avec le zinc de la batterie, tandis qu'on fait communiquer un clou en fer avec l'argent de cette même batterie. Celle-ci peut varier d'une à douze cellules et même plus. Je donne la préférence à celles qui sont formées de plusieurs cellules. On ne doit faire pénétrer le clou dans la dissolution qu'à une profondeur suffisante pour qu'il ne se dégage pas d'hydrogène, ou, du moins, pour qu'il ne se dégage du métal qui doit recevoir le dépôt ferrugineux, qu'une très-petite quantité de ce gaz. Après un court espace de temps, on verra la plaque négative se recouvrir d'une couche de métal. Cette dernière est plus brillante, et d'une teinte plus blanche que celle de l'acier poli, mais elle se ternit rapidement à l'air. La réduction de ce métal et les moyens que j'ai indiqués comme propres à l'obtenir, sont une nouvelle preuve de l'importance des lois que j'ai signalées dans un précédent chapitre.

189. Le plomb est un métal difficile à manipuler, car il aime à prendre son cours de lui-même sans suivre la marche qu'on voudrait lui tracer. Il peut être réduit de son acétate à l'état non cristallin, en ayant soin d'employer une dissolution très-étendue de ce sel, qu'on acidulera fortement avec de l'acide acétique ou avec une petite quantité d'acide nitrique. La réduction de ce métal ne présente aucune utilité, si ce n'est qu'elle démontre de nouveau l'exactitude des lois que j'ai formulées.

Pour opérer cette réduction, on peut se servir d'une série de batteries pourvues d'un électrode positif en platine, au lieu d'une seule cellule ayant un électrode en plomb.

190. L'étain est aussi difficile à traiter que le plomb, mais on peut le réduire de la même manière. La dissolution à l'aide de laquelle on peut obtenir le dépôt métallique est celle de

chlorure d'étain très-étendue, à laquelle on ajoute de l'acide acétique. On peut se servir d'une seule batterie avec un pôle positif en étain, ou de plusieurs cellules ayant un pôle positif en platine.

191. J'ai traité jusqu'ici des principes à l'aide desquels les métaux les plus importants peuvent être réduits, nous avons vu que les moyens de produire le fluide électrique consistent, soit en un simple circuit, quand la substance qu'on emploie se substitue au métal négatif, soit en un fragment de zinc contenu dans un tube poreux, soit enfin en une pile galvanique, quand le moule original joue le même rôle dans la seconde cellule.

La batterie à laquelle on donnera la préférence, ne doit être choisie qu'après avoir médité les faits consignés dans le livre précédent. Mais les points capitaux auxquels il faut s'attacher, sont la constance d'action et la simplicité. Les détails précédents sont le résultat d'expériences que j'ai faites avec la batterie de mon invention.

LIVRE III.

DE LA DORURE, DE L'ARGENTURE, DU PLATINAGE, ETC.

Instruction générale, 192. — Dorure galvanique, 193. — Appareil à une seule cellule, 194. — Appareil à batterie, 195. — De la dorure du cuivre, 196. — Du la dorure au trempé, 197. — De la dorure par amalgame, 198. — Du platinage et du platinisage, 199. — Du palladiage, 200. — De l'argenture, 201. — Du nickalisage des métaux, 203. — Du cuivrage des métaux, 204. — Du cuivrage des corps non métalliques, 205. — Du cuivrage des médailles, 206 ; — Des fruits, des végétaux, 207 ; — Des corbeilles, 208 ; — Du la potorie, 209. — Manière de recouvrir les métaux d'une couche de fer, de zinc, etc., 210. — Conclusion.

192. L'action de revêtir un métal d'une couche d'un autre métal, est un sujet digne d'intérêt. Ce procédé métallurgique a reçu différents noms, suivant le corps métallique dont on fait usage; ainsi, lorsqu'on emploie de l'or, ce procédé se nomme *dorure;* quand c'est du cuivre, *cuivrage;* quand c'est de l'argent, *argenture* ou *plaqué*, etc. Dans chacun de ces cas on se propose de faire adhérer les deux métaux, il faut donc avoir soin d'empêcher qu'une couche d'air ne s'interpose entre eux; car cette circonstance nuirait à l'adhérence qu'on veut obtenir. Il faut avoir également soin de bien décaper le métal, de le soumettre à l'action de la chaleur, d'agir légèrement à sa surface et de le bien laver après cette opération.

193. La galvano-dorure est, dans la plupart des cas, extrêmement facile (1), car si on se conforme scrupuleusement aux règles ci-dessus indiquées, l'opération n'exigera que fort peu de peines. On peut dorer le platine, le palladium, l'argent, le cuivre, le carbone et même l'or; la surface du métal sur le-

(1) 193. Nous répéterons ici ce que nous avons déjà dit, note 168 : les procédés de dorure, de platinage et d'argentage proposés par M. Smee, n'ont plus aujourd'hui que le mérite de la priorité, depuis que les belles découvertes de MM. de Ruolz et Elkington ont résolu si complètement le problème de la galvano-dorure. Voir à l'Appendice. On remarquera que M. Smee n'indique aucun moyen de dorer l'acier. Cette dorure est cependant la plus importante de toutes, puisque les objets en acier trempé, qui en sont revêtus, acquièrent ainsi tout l'éclat des objets en or sans rien perdre ni de leur trempe ni des autres qualités inhérentes à l'acier.

quel on veut appliquer la dorure, doit être bien nettoyée et dépouillée d'air, soit en le plaçant dans de l'acide nitrique, ou dans une dissolution de potasse, soit enfin en le plongeant dans un acide, après l'avoir soumis à l'action du calorique. Le dépôt métallique s'effectuera d'autant mieux que la surface du corps sera plus unie; car une surface rugueuse n'est pas propre à faire réussir cette sorte d'opération, attendu que l'hydrogène a une grande tendance à se dégager pendant qu'on la pratique. Lorsque le métal qu'on veut dorer n'est pas de nature à décomposer la dissolution d'or, on peut donner à celle-ci plus de force; lorsqu'au contraire le métal (comme l'argent et le cuivre) agit sur cette dissolution, il faut qu'elle soit plus faible. La force du courant électrique doit varier suivant ces circonstances, mais en général son intensité doit être peu considérable.

194. Pour obtenir la dorure, De la Rive emploie une seule batterie, c'est-à-dire un tube poreux qui fait l'office de cellule intérieure, et il met une dissolution de chlorure d'or dans une cellule extérieure. La cellule intérieure, dans ce cas, doit être remplie d'eau, à laquelle on ajoute environ une goutte d'acide sulfurique, ainsi qu'un petit fragment de zinc (1).

Dans ce genre d'opération on doit employer de préférence un diaphragme qui ne permette le passage que d'un faible courant électrique; une épaisse membrane de vessie ou du plâtre épais rempliront parfaitement ce but; un tube de verre semblable à celui qui a été déjà décrit, et dont une extrémité sera munie d'un orifice capillaire, pourra servir au même usage.

La cellule extérieure doit contenir une faible dissolution de chlorure d'or avec addition de quelques gouttes d'acide; dans ces cas, on peut employer avec avantage un métal négatif d'un grand volume, circonstance qui diminue la quantité proportionnelle d'électricité dans chaque partie de ce métal. Le métal négatif (surtout si c'est de l'argent, du cuivre ou leur alliage) ne doit pas être plongé dans le bain avant qu'on n'ait établi la communication avec le zinc, attendu que dans ce cas l'argent, en vertu de son affinité pour l'or, réduirait celui-ci, ou bien serait lui-même dissous, ce qui alors empêcherait l'adhérence réciproque.

(1) 194. On trouvera également à l'Appendice l'indication du procédé de M. De la Rive.

195. Tous ces procédés me paraissent imparfaits; il en est un que je crois préférable : il consiste à prendre trois, quatre et même un plus grand nombre de mes batteries, et à les charger avec de l'acide sulfurique très-étendu. On attache aux deux pôles des fils de platine, l'un fera communiquer le zinc de la batterie avec le métal qui doit être doré, l'autre fil formera le pôle positif de la cellule à décomposition (*fig.* 7, *Pl.* II). Le chlorure d'or doit être dissous et légèrement acidulé. On doit placer dans la dissolution le fil de platine qui communique avec l'argent des batteries, mais ce fil ne doit être plongé qu'à une très-petite profondeur. Tous ces préparatifs étant faits, l'objet qui doit être doré est mis en communication avec le zinc de la batterie; et à peine l'a-t-on placé dans la dissolution, que l'or commence à se précipiter.

Toutes les parties de l'objet sur lesquelles on ne veut pas appliquer de couche d'or, doivent être couvertes de suif, de cire ou de quelqu'autre substance non conductrice, pour empêcher qu'aucun dépôt ne s'y forme; en sorte que la surface d'un objet peut être dorée dans une étendue plus ou moins grande et sur des points déterminés, ce qui permet de dorer les traits d'un dessin ou les caractères de l'écriture. On peut régler la rapidité de ce procédé avec la plus grande délicatesse, en plongeant une longueur plus ou moins étendue du fil positif dans la dissolution. Par ce moyen, la quantité d'électricité qu'on fait passer peut être fixée avec une extrême précision.

Pour employer ce procédé avec une grande économie de temps, le développement de l'électricité doit avoir lieu de telle sorte que l'hydrogène soit seulement sur le point de se dégager du métal négatif, car il ne faut pas oublier que le dégagement de ce gaz est nuisible, attendu que dans ce cas le précipité obtenu se trouve dans un grand état de division, c'est-à-dire en poudre noire.

Pendant que cette opération a lieu (surtout lorsque l'objet présente une surface rugueuse), il est bon de le retirer une ou deux fois de la dissolution, de le frotter avec une petite quantité de craie et de le bien laver; par ce moyen les particules pulvérulentes seront enlevées, et l'or sera précipité en présentant un aspect parfaitement uni. Quand la couche d'or précipitée est très-mince, elle présente une couleur jaune verdâtre; quand au contraire elle est épaisse, le métal conserve sa couleur naturelle. Si on ajoute un peu de sel de cuivre à la dissolution d'or, le métal précipité offrira une couleur très-

rouge; les observations précédentes s'appliquent également aux cas où l'on veut dorer le platine, le palladium, l'argent et l'or lui-même.

196. Il est plus difficile de dorer le cuivre que l'argent, parce qu'une petite quantité de cuivre peut se dissoudre, ce qui rend l'or extrêmement rouge; néanmoins, cette dorure peut être obtenue à l'aide d'une dissolution d'or très-étendue, dans laquelle on a soin de ne plonger que l'extrémité du fil positif. On peut faire avec avantage de légers changements dans ces dispositions, suivant la nature de l'objet qu'on veut dorer.

Si l'on désire dorer l'intérieur des cuillers d'argent, on doit les nettoyer avec soin par les procédés précédemment indiqués, après quoi on graisse légèrement leurs faces et leurs bords. Le manche de la cuiller servira à établir la communication avec le zinc de la pile qui doit avoir au moins trois cellules: alors on verse la dissolution dans la cavité de la cuiller, et immédiatement après on plonge dans le liquide la pointe d'un fil délié de platine qu'on fait communiquer avec l'argent de la pile; et le dépôt commence immédiatement à s'effectuer. L'intervalle de temps qui s'écoule entre l'introduction de la dissolution dans la cuiller et l'établissement complet du circuit formé par le fil qui va communiquer avec l'argent de la pile, doit être aussi court que possible, afin d'empêcher l'action locale de l'argent sur la dissolution d'or de se produire, accident qui diminuerait l'adhérence de l'or sur l'argent. La dissolution ne doit pas être trop forte au commencement de l'opération, afin d'empêcher l'action locale que nous venons de signaler; mais dès qu'on a obtenu une légère couche d'or, on peut augmenter indéfiniment la force de la dissolution.

L'intérieur des vases d'argent peut être doré de la même manière, quelle que soit leur capacité; il faut avoir soin, si cette capacité est grande, de plonger une plus grande longueur du fil de platine dans la solution d'or (*fig.* 7, *Pl.* II). On peut dorer également l'extérieur de tous les vases, en plaçant ceux-ci dans la dissolution précédemment décrite; mais nous nous sommes déjà suffisamment étendu sur ce point.

197. Le procédé pour dorer à l'aide d'une solution d'or et de la précipitation galvanique, est bien différent, dans ses effets, de celui pour lequel M. Elkington a obtenu un brevet, et qu'on a nommé dorure par la voie humide. Par ce dernier procédé, le métal qu'on veut dorer est dissous dans une pro-

portion égale à la quantité d'or déposée; aussi, dès qu'une légère couche d'or est précipitée, aucun dépôt ultérieur ne peut plus avoir lieu; mais lorsque la dorure est obtenue par la pile galvanique, l'objet peut être recouvert d'une couche d'or d'une épaisseur indéfinie, circonstance fort importante, puisque de l'épaisseur de la couche métallique dépend la durée de la dorure.

Ce n'est point la dissolution de chlorure d'or qui est employée dans la dorure au trempé, mais une dissolution d'oxyde de ce métal et de potasse. Cette dissolution peut encore être faite en ajoutant de la potasse caustique ou du carbonate de potasse à la dissolution ordinaire d'or, en proportion suffisante pour que le précipité qui se forme d'abord soit dissous de nouveau et devienne ainsi propre à l'usage. Quand on veut dorer un objet, après l'avoir préalablement bien nettoyé, on le plonge dans cette dissolution chaude, et l'on obtient une légère couche d'or à peu de frais (1).

198. Il y a, outre ces procédés, d'autres moyens de dorer usités dans les arts; telle est la dorure par le mercure. Ici, on frotte sur l'objet un amalgame d'or finement divisé et de mercure; après quoi, on fait évaporer ce dernier par l'action de la chaleur. Ce procédé est très-dangereux pour la santé des ouvriers, les émanations du mercure étant extrêmement toxiques. Il faut donc espérer qu'avant peu la dorure électrochimique remplacera tout-à-fait cette manipulation dangereuse (2).

On ne pourra établir un parallèle entre la durée de la galvano-dorure et celle de la dorure par les autres moyens connus, qu'après un long espace de temps; pour ma part j'ai remarqué que des cuillers et d'autres objets que j'ai dorés à l'aide du courant galvanique se conservent parfaitement bien. L'épaisseur de la couche de métal qu'on obtient peut être réglée à volonté depuis une extrême ténuité jusqu'à un centimètre (5 lignes) d'épaisseur et plus.

La galvano-dorure ne paraît pas être généralement appli-

(1) 197. Le procédé de dorure par voie humide n'a jamais donné que des résultats très-imparfaits; la couche d'or obtenue ainsi est infiniment mince et peu adhérente. Ce procédé n'a pas le moindre rapport avec la méthode de dorure galvanique inventée depuis par M. Elkington.

(2) 198. L'espoir exprimé ici par M. Smee s'est tout-à-fait réalisé, grâce aux travaux de MM. de Ruolz et Elkington. Nous avons en notre possession des objets en acier, dorés par leur procédé, et la beauté, l'adhérence et la solidité de cette dorure l'emportent de beaucoup sur tous les moyens de dorure connus.

cable aux substances non conductrices, car je ne suis pas parvenu jusqu'à présent à les dorer quand leur surface présentait une certaine étendue ; quoique cependant j'aie réussi à déposer une très-petite couche d'or sur de la cire à cacheter enduite de plombagine; peut-être obtiendrait-on plus de succès en faisant usage d'une très-forte dissolution d'or.

199. Le platinage des métaux par le courant galvanique est un fait nouvellement acquis à la science. Ce procédé est semblable sous tous les rapports à la galvano-dorure, mais l'exécution en est plus difficile. La dissolution de chlorure de platine doit être très-faible, et la pile chargée d'un acide étendu. L'objet qu'on veut *platiner* doit présenter une surface très-unie, qu'on nettoie avec soin à l'aide de la potasse avant de commencer l'opération. Ces préparatifs étant faits, et la dissolution de platine prête, on doit y plonger peu profondément l'extrémité d'un fil très-délié de platine qu'on mettra en communication avec l'argent de la batterie. L'objet à *platiner* est alors mis en rapport avec le zinc de la pile et plongé ensuite dans la dissolution (*fig.* 7, *Pl.* II) ; dès que l'immersion a lieu, on voit de l'oxygène se dégager du fil de platine qui communique avec l'argent de la pile, et en peu d'instants l'objet sera revêtu de platine. Aucun gaz ne se dégagera du cuivre, ou de tout autre métal qu'on voudra platiner, pourvu que le courant électrique ne soit pas trop fort. Quelques minutes suffisent pour platiner. Pendant l'opération, il faut retirer l'objet de temps en temps et le frotter avec un peu de blanc d'Espagne.

Ce procédé ne doit pas être confondu avec celui par lequel les métaux négatifs sont *platinisés* pour l'usage de ma batterie, car, dans le premier cas, le platine est précipité avec sa couleur et son apparence naturelles ; tandis que dans l'autre il se précipite sous forme d'une poudre noire. On nomme le premier procédé *platinage brillant*, en opposition avec le deuxième qu'on pourrait appeler *platinisage pulvérulent*. On emploie un fort courant pour précipiter le métal sous forme de poudre noire; quant au platinage brillant, on l'obtient en employant des dissolutions de toute force, mais le courant doit être modéré.

Les échantillons que j'ai obtenus à l'aide de ma batterie ne résistent point à l'action de l'acide nitrique, parce qu'ils présentent presque tous quelques légères fissures, par lesquelles pénètre l'acide qui enlève le platine par petites écailles; le

platinage brillant n'est pas applicable aux surfaces rugueuses, parce qu'il est nécessaire que la surface qui doit recevoir la couche de platine soit parfaitement polie, si on veut éviter un dépôt de poudre noire. La couleur du métal ainsi réduit ressemble tellement à de l'acier poli, qu'il est difficile de les distinguer; il est inutile d'ajouter que le platinage brillant, ainsi obtenu, est magnifique, et qu'il serait d'une grande utilité pour revêtir les télescopes, les microscopes, les quarts-de-cercles, et une infinité d'autres objets qui, par leur nature, peuvent être exposés à l'intempérie de l'air (1).

200. Pour *palladier* ou recouvrir les objets avec du palladium, on doit suivre les mêmes procédés que pour les platiner (*fig.* 7, *Pl.* II). J'emploie dans ce but le chlorure de palladium étendu, et je frotte l'objet avec du blanc d'Espagne, comme dans les cas précédents. Ce métal est plus blanc que le platine et moins brillant que l'argent; on pourrait l'employer dans les mêmes cas, et avec les mêmes avantages que le platine, il présente de plus que ce dernier un volume double pour un poids donné.

201. L'argenture ou le plaqué obtenu à l'aide du courant galvanique est chose difficile (2); quant aux moyens à employer pour y réussir, ils sont semblables à ceux déjà indiqués (N°s 172 à 177). La surface de l'objet qu'on veut argenter doit être nettoyée à l'aide d'une dissolution de potasse, et frottée ensuite avec du blanc d'Espagne; cela fait, on plonge cet objet dans la dissolution. La manière de disposer la pile est aussi la même que pour les métaux précédents, si ce n'est qu'au lieu d'un fil de platine on doit employer un fil d'argent qu'on mettra en communication avec le pôle positif ou l'argent de la pile. L'objet qu'on veut plaquer ne doit pas être mis dans la dissolution avant que le circuit ne soit complet. Toutes les autres dispositions sont semblables à celles qu'on fait pour la dorure et n'exigent pas de plus amples développements. La dissolution doit être préparée avec un sulfate, un acétate, ou un hyposulfite d'argent très-étendu qu'on mêle avec une petite

(1) 199. Parmi les usages auxquels peut servir la réduction du platine, nous signalerons en première ligne le doublage des appareils de toute nature, employés dans les fabriques de produits chimiques et qui étaient jusqu'alors d'un prix excessif. Malheureusement on n'est pas encore parvenu à donner au platine assez de cohésion et de tenacité; les cristaux du métal réduit présentent des interstices qui permettent aux agents chimiques de corroder la surface recouverte.

(2) 201. L'argenture galvanique n'offre plus aujourd'hui la moindre difficulté en recourant aux procédés de Ruolz.

quantité d'acide sulfurique également étendu. Après avoir plongé le métal dans la dissolution pendant deux ou trois minutes, on le voit prendre une couleur foncée, on le retire alors pour le frotter avec du blanc d'Espagne; cette opération est répétée jusqu'à ce qu'on ait obtenu une couche d'une suffisante épaisseur. Il faut avoir soin de modérer le courant électrique, ce qu'on fait en employant comme pôle positif un fil d'argent extrêmement délié.

202. J'ai conseillé l'emploi d'une faible dissolution comme moins propre à favoriser l'action locale, lorsque j'ai traité des moyens de revêtir les métaux d'une légère couche de métal précieux; mais si l'on veut revêtir d'une semblable couche un métal où l'affinité élective ne saurait avoir lieu, on pourra donner plus de force à la dissolution.

203. Les métaux peuvent être recouverts de nickel, en procédant comme dans les cas précédents. La dissolution qu'on doit employer est le nitrate de nickel; mais je dois ajouter que ce métal est difficile à réduire, et son usage très-restreint.

204. Un grand nombre de substances métalliques, ou non métalliques, peuvent être cuivrées à l'aide du galvanisme. La dissolution et l'appareil qu'on doit employer ont déjà été précédemment décrits N°s 178 à 186. L'avantage qu'on peut retirer de l'emploi du cuivre dans ces cas, est particulièrement relatif aux substances non métalliques, qui peuvent, de cette manière, recevoir une couche de cuivre pur. Rien ne serait plus facile que de cuivrer les métaux; mais comme il n'est pas probable qu'on y ait recours, il est inutile de nous occuper de ce sujet.

205. Les objets formés de substances non conductrices, qu'on veut cuivrer, peuvent être rangés en deux catégories: dans la première, se trouvent ceux sur lesquels le métal déposé doit offrir une copie fidèle de l'original; la deuxième catégorie comprend les cas où l'on veut obtenir le dépôt sous la forme cristalline.

La préparation doit être différente dans chacune de ces circonstances: dans le premier cas, la batterie et la dissolution doivent être disposées de telle sorte que l'hydrogène soit seulement sur le point de se dégager; dans le second cas, la dissolution peut être beaucoup plus forte, et l'on peut augmenter la quantité d'électricité, en augmentant le volume de la

pile et l'étendue de la surface du pôle positif de cuivre, dans l'appareil où la décomposition doit s'opérer.

206. Dans la première catégorie, se trouvent rangés les objets délicats, comme les médailles, etc.

Les substances dont on se sert pour obtenir une empreinte, doivent être rendues non absorbantes par les procédés déjà décrits. L'objet doit alors être frotté avec de la plombagine, ensuite on fixe sur son pourtour un fil de cuivre très-délié, afin qu'il y ait un contact parfait entre la pile et la mine de plomb ; puis on met cet objet dans une solution de sulfate de cuivre acidulée, après avoir fait communiquer l'extrémité du fil avec le zinc de la pile ; cela fait, on place un fragment de cuivre d'à peu près le même volume que le moule, dans la dissolution, et l'on met ce fragment en communication avec l'argent de la pile au moyen d'un fil métallique (*fig.* 3 et 4, *Pl.* II). L'action chimique commencera immédiatement, le cuivre sera dissous et se déposera sur la mine de plomb qui enduit le modèle, de manière à le recouvrir entièrement. Il est également avantageux d'employer deux batteries disposées en série, le dépôt du cuivre sur la médaille en sera plus uniforme. Cette médaille ne doit pas séjourner longtemps dans la dissolution après qu'elle a reçu la couche métallique, car cette circonstance nuirait à son exactitude et à sa beauté. Après avoir retiré la médaille de la dissolution, on la frottera avec du papier rude pour enlever les moindres aspérités qui pourraient s'y trouver. Ce procédé pourra paraître barbare aux numismates, qui le considéreront peut-être comme propre à altérer la beauté des médailles; mais il n'est cependant pas si nuisible qu'on pourrait le croire, attendu que la couche de cuivre étant répandue avec une épaisseur à peu près uniforme sur toute la surface, l'effet qui en résulte est simplement d'augmenter le volume de l'original ; ce procédé pourrait être utile aux sculpteurs et aux architectes, qui l'appliqueraient avec succès aux statues et autres ornements (1).

207. Une belle application de l'art de cuivrer, est celle qui peut être faite par les horticulteurs, aux fruits, aux légumes, aux feuilles, aux graines et à d'autres produits, soit pour en faire des objets d'ornement, tout en conservant exactement le

(1) 206. Pour bien comprendre ce paragraphe et les suivants, il faut se rappeler qu'on a ici pour objet de revêtir une médaille en plâtre d'une couche de cuivre qu'on laissera en définitive sur l'original : c'est donc un véritable cuivrage, et non pas une reproduction de l'objet, qu'il s'agit d'opérer.

volume, la forme et d'autres particularités de l'objet. Les pommes et les poires peuvent être ainsi préparées en peu de temps; dans ce but, on les frotte avec de la mine de plomb, on enfonce vers leur queue une petite épingle; ensuite on unit cette épingle à un fil qu'on fait communiquer avec le zinc de la pile; on place alors le fruit dans la dissolution. Toutes ces dispositions sont complétées à l'aide d'un morceau de cuivre qu'on plonge dans le liquide et qu'on met en rapport avec l'argent de la pile. Les concombres, les calebasses, les pommes de terre, les graines, les racines, etc., peuvent être cuivrés de la même manière. L'opération achevée, la copie obtenue est parfaite et revêt la forme de l'original avec la plus scrupuleuse exactitude; on peut varier la qualité du cuivre déposé, en suivant les règles tracées dans le chapitre précédent; s'il s'agit d'un ornement, on donnera la préférence au cuivre cristallisé, qui est plus beau; mais si on veut obtenir une copie parfaitement fidèle d'un objet quelconque, on devra choisir le cuivre poli. Le cuivrage étant achevé, on retire l'épingle qui laisse un petit trou par où les sucs du fruit peuvent s'évaporer jusqu'à siccité. Je possède un concombre que j'avais cuivré pendant l'été deruier et qui semble réduit à rien dans l'intérieur de sa coque métallique. Les poires, les pommes et d'autres fruits préparés de cette manière ne semblent formés que de cette coque seule. Les botanistes apprécieront facilement les avantages que leur offre ce procédé.

208. Une fort jolie préparation consiste à revêtir un panier d'une couche de métal réduit : à cet effet, le panier sera frotté avec de la mine de plomb et mis en communication avec le zinc de la pile à l'aide d'un fil métallique; ensuite on le plongera dans la dissolution et l'on complètera le circuit; le panier se couvrira immédiatement de magnifiques cristaux qui brilleront du plus vif éclat. On obtient les mêmes résultats en fixant des fils de cuivre très-déliés sur plusieurs points du panier, afin que ces fils soient en contact en plusieurs endroits avec la mine de plomb, ce qui permettra de terminer plus rapidement l'opération. Toute autre substance propre à présenter une surface conductrice peut être substituée à la plombagine. Quand on se livre à ces préparations, il faut employer un anode de cuivre d'une grande dimension, et une série de deux ou trois batteries; quant à la dissolution de sulfate de cuivre, elle sera très-concentrée, car toutes ces précautions favoriseront la cristallisation du cuivre : des paniers

ainsi préparés et remplis de fruits, de feuilles et d'insectes, pourraient servir à orner les salons, et offriraient bien plus d'intérêt que les ornements ordinaires qu'on y remarque; car si ces objets étaient préparés par leur possesseur, ils montreraient tout l'intérêt qu'il porte à la science galvanique, et s'ils étaient achetés, ce serait un moyen d'encourager l'application de ce puissant agent aux arts et à l'industrie : cet art, qui n'est aujourd'hui qu'à l'état d'embryon, produira, sans aucun doute, des fruits qui amèneront une révolution dans l'industrie.

Que l'attention des riches se fixe sur ce sujet; qu'ils prennent sous leur patronage les ornements de ce genre : alors les artisans ne tarderont point à y acquérir de l'habileté, et l'emploi du galvanisme deviendra universel, comme celui de la vapeur et du gaz. J'insiste particulièrement sur ce point, parce que plusieurs de mes préparations ont été admirées et n'auraient pu être obtenues par aucun des moyens connus jusqu'ici.

209. Les objets en poterie (ou leurs analogues) peuvent être cuivrés de la même manière. Mais leur surface étant unie, cette circonstance fait naître des difficultés qu'on peut surmonter par l'application préalable d'une très-légère couche de vernis ou de cire. C'est à l'aide de ce moyen qu'on peut construire une pile de Daniell, en cuivrant intérieurement un vase de terre.

210. Les métaux peuvent être recouverts d'étain, de plomb, de fer ou de zinc, et j'ai toujours réussi dans toutes ces opérations, en ayant soin d'obtenir le précipité assez promptement pour que l'hydrogène n'ait pas le temps de se dégager.

Tous ces faits prouvent la vérité des règles que j'ai précédemment tracées; et, en m'y conformant, j'ai réussi à recouvrir le cuivre avec presque tous les autres métaux. J'ai remarqué que quelques-uns de ces derniers exigeaient beaucoup plus de travail que d'autres, et qu'avec quelques autres, on n'obtenait qu'une couche irrégulière; cependant, en se conformant aux règles prescrites dans un chapitre précédent, le précipité sera toujours obtenu dans un état plus ou moins régulier.

211. Quelques corps métalliques ont une grande tendance à cristalliser : on peut remédier à cet inconvénient en employant leurs dissolutions fortement étendues d'eau acidulée;

mais comme il n'est pas probable qu'on ait recours à l
duction, nous n'entrerons pas, sur ce point, dans de
ples détails.

Les faits contenus dans cette division de mon ouvr
généralement neufs, et leur application digne d'intér
qui étudient le galvanisme pour se distraire, trouvero
l'électro-métallurgie une source de plaisirs et d'inst
Cette science est destinée à acquérir une haute imp
dans les arts, et ajoutera de nouvelles branches à l'app
de l'électricité. Ceux qui désirent suivre cette étude
que la pratique seule peut donner la perfection à leur
car si c'est à l'homme de la science qu'il appartient de
règles de la théorie, c'est à l'artisan de suivre ces
d'en modifier les détails d'après son expérience.

LIVRE IV.

DES DIVERSES APPLICATIONS DE LA RÉDUCTION DES MÉTAUX PAR LE GALVANISME.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA REPRODUCTION DES MONNAIES ET DES MÉDAILLES.

Importance de l'électro-métallurgie pour la numismatique, 212. — Moyen d'obtenir les moules, 213; — Directement par le courant voltaïque, 214; — Par l'intermédiaire du plomb, des alliages fusibles, etc., 215; — A l'aide des substances non conductrices, 216. — Reproductions métalliques en or, 217; — En argent, 218; — En platine, 219; — En cuivre, 220. — Précautions pour éviter les bulles d'air, 221. — Appareils à employer, 222. — Appareil à une seule cellule, 223. — Epaisseur du métal, 224. — Séparation de l'empreinte d'avec le moule, 225. — Importance de l'électro-métallurgie pour l'amateur de médailles, 226. — Autres avantages, 227. — Manière de faire des médailles parfaites, 228.

212. La réduction des métaux par la voie galvanique est de la plus haute importance pour le numismate, car, d'une part, elle lui fournit les moyens d'obtenir des empreintes de monnaies ou de médailles qu'il ne pourrait se procurer par aucun autre moyen, à cause de leur rareté; et, d'un autre côté, elle pourrait offrir aux contrefacteurs les moyens de fabriquer les monnaies les plus rares, en sorte que les faiseurs de collections doivent se tenir sur leurs gardes lorsqu'ils les achètent. Cependant, je crains fort que l'électro-métallurgie, dans des mains inhabiles, n'ait causé et ne cause encore la destruction irréparable de beaucoup de médailles précieuses; destruction que ne sauraient compenser les bienfaits qu'elle nous a procurés.

213. Il y a trois méthodes pour prendre la copie d'une monnaie ou d'une médaille.

A l'aide de la première, on obtient directement une empreinte en métal sur la médaille elle-même, par la précipitation exercée sous l'influence galvanique. Par la seconde, une empreinte de la médaille est d'abord obtenue avec du métal

fusible, ou avec celui qui sert à la fabrication des caractères d'imprimerie ; et enfin, par la troisième, l'empreinte est produite à l'aide d'une substance non conductrice, telle que la cire vierge, la cire à cacheter, le plâtre, etc.

214. Une main inexpérimentée ne doit jamais tenter d'obtenir la première empreinte sur la médaille originale, et on ne doit jamais l'essayer quand on ne possède qu'un seul échantillon, de crainte d'insuccès. Cependant, le procédé est simple et d'une grande importance, quand on veut obtenir une copie parfaite d'une monnaie ou d'une médaille. L'objet à copier doit être revêtu, sur le côté où l'on ne veut pas qu'aucun dépôt ait lieu, d'une certaine quantité de graisse, de cire, ou de toute autre substance non conductrice. Un fil métallique très-fin doit être fixé autour du bord de cet objet, qui alors peut être placé dans la dissolution métallique. L'adhérence d'une couche d'air au métal est d'une grande importance dans ce cas, et ce dernier ne doit pas rester un seul instant dans la dissolution, avant que le circuit ne soit complété (1).

Les deux faces de la médaille peuvent être copiées par deux opérations successives, et même par une seule, en ayant soin d'enduire la tranche avec un corps non conducteur, afin qu'elle ne soit pas entièrement enchâssée dans le dépôt qui se forme. Cette opération donne alors l'empreinte en creux de chacune des faces de la médaille ou de la pièce de monnaie. Par ce procédé, la teinte bronzée d'une médaille en cuivre peut être altérée ; mais ces objets, lorsqu'ils sont en or ou en argent, n'éprouvent pas la plus légère altération. Le moule métallique obtenu peut être employé pour produire des empreintes en plâtre ou en cire à cacheter, et même pour recevoir de nouveau le précipité métallique qu'on obtient à l'aide du fluide galvanique. On peut ainsi produire une copie parfaite, en relief, de l'original.

215. Les empreintes en creux de médailles ou de monnaies en plomb, en *pewter* (2), en métal fusible, en feuilles d'étain ou d'argent, peuvent être obtenues de la manière indiquée précédemment, N°s 35 et suivants. Ces empreintes en creux doivent être soudées, ou simplement mises en contact avec un

(1) 214. Il ne faut pas perdre de vue ce qui a été dit Nos 126 à 129 et note 126, sur l'adhérence de la copie à l'original et sur les moyens de l'empêcher.

(2) 215. Le pewter est un alliage de plomb et d'étain dans la même proportion que la soudure employée par les ferblantiers. Voyez No 125. Voyez aussi à l'Appendice, les moyens d'obtenir des moules en alliage fusible d'après Boeuger et Walker.

fil métallique; elles seront prêtes à recevoir le dépôt métallique. *Voyez* aussi note 135.

216. Cependant, la troisième méthode est celle qu'on doit préférer, car, à l'aide des substances non conductrices, on peut obtenir des moules excellents pour recevoir le précipité. L'amateur doit donner la préférence à la cire à cacheter, quand il s'agit d'avoir des empreintes de monnaies, de médailles ou de camées (136). Ces empreintes doivent être recouvertes d'une couche de mine de plomb, et on doit placer un fil métallique fin dans la cire; on peut alors les copier (144).

On peut prendre l'empreinte des grandes médailles avec un mélange de cire et de colophane, ou avec du plâtre de Paris. Ce dernier doit être rendu non absorbant par l'un des procédés décrits dans un chapitre précédent (Nos 141, 142). Le suif ou le blanc de baleine doivent être préférés, parce qu'on les a sous la main. On doit les couvrir de mine de plomb, et alors on les place dans la dissolution. Par l'une ou l'autre méthode on peut obtenir des médailles parfaites. Le fabricant qui désire obtenir un grand nombre d'empreintes métalliques de monnaies, devra se servir d'un morceau de plâtre carré ayant, par exemple, 20 centimètres (7 pouces 5 lignes) de côté, et il y fixera des empreintes de médailles aussi nombreuses que le comporte la surface du plâtre. Cette surface, qui présente les empreintes, doit être rendue non absorbante, suivant les procédés précédemment indiqués, puis couverte de mine de plomb, et enfin, on y fera déposer le précipité métallique. On obtiendra ainsi une série de monnaies sur une même surface. On peut les conserver dans cet état, ou les séparer les unes des autres. Le cuivre précipité sur le plâtre est d'une grande beauté.

La stéarine fondue est aussi très-propre à faire des moules.

217. L'opérateur, quand il a fixé son choix sur un de ces procédés, doit ensuite décider quelle espèce de métal il doit employer pour obtenir une empreinte. Pour faire une médaille d'or, une surface dorée ou argentée est très-propre à recevoir ce métal précipité de son chlorure. Quand on emploie le premier de ces métaux, il faut se servir d'une dissolution aussi forte que possible. La monnaie ou la médaille à copier doit être mise en communication avec le pôle zinc d'une série de quatre à douze batteries. Un fil très-fin de platine, plongé dans la dissolution à une petite profondeur, doit

communiquer avec l'argent platiné de la batterie ;
pôt s'effectuera. Pour avoir l'empreinte d'une
d'une monnaie en argent, la dissolution doit d'
très-faible, mais on doit augmenter sa force dès
face d'une épaisseur modérée est obtenue. Un très
pour appliquer l'or consiste à précipiter d'abord
dèle, une couche peu épaisse de ce métal, et à ac
ration en faisant déposer, sur cette couche d'or,
de cuivre. La connaissance de ce fait pourrait êt
par les faux-monnayeurs. Je l'indique afin qu'on s
ses gardes.

218. Les médailles entièrement en argent so
mais, en doublant leurs revers avec une lame d
y trouve, outre l'avantage d'une surface d'argent
force et d'un prix peu élevé (1). On peut emplo
lution de sulfure, de nitrate ou d'acétate d'argent
gent doit être mis en communication avec l'argent
batterie, et l'objet à copier doit être uni au zin
terie à l'aide d'un fil de platine. Plus la médaille
grande, plus le dépôt aura lieu promptement, p
qu'un métal négatif d'un plus grand volume se
l'action du fluide. On peut se servir d'une dissol
rée de sulfure; mais, avec le nitrate, il suffira d'
tion contenant environ 1 gramme (18 grains) de
grammes (par once) d'eau, quoiqu'on puisse lui d
porte quelle force en réglant la quantité d'électri
les lois établies. De plus amples détails sur le mo
ont été donnés à propos des sels d'argent. Ce pr
applicable qu'aux modèles d'or ou d'argent, car l
ne peut pas bien s'opérer sur les substances n
trices.

219. Les médailles ou les monnaies peuvent é
ment faites en platine ou palladium ; on peut auss
copies de ces médailles d'une couche de l'un de c
tandis que leur intérieur se trouve formé de cuivr
qui sert pour ces métaux peut être fait en or, en
palladium ou en argent. Les dissolutions peuven

(1) 217, 218. Nous pensons que pour obtenir une médaille d'or, d'a
autre métal précieux, il faut suivre un procédé tout-à-fait inverse de c
M. Smee. On a vu, No 98, dernier alinéa, et note 168, que l'or est dif
sur une substance non conductrice. Je propose donc de réduire d'abor
nière substance une couche assez épaisse de cuivre qu'on dorera ou a
par les procédés de Ruolz.

n'importe quelle force, quoiqu'il soit plus avantageux de les employer à l'état de saturation. (*Voir* les remarques générales sur le platine, le palladium, etc., 169-171.)

220. Le cuivre est un métal d'une haute importance pour le numismate, car il peut être appliqué en couches épaisses sur les substances métalliques et non métalliques. Le sel qu'on peut employer dans les cas ordinaires est le sulfate de cette base; quand on s'en sert pour revêtir des monnaies ou des médailles, la dissolution doit être plus concentrée que quand le métal réduit est employé pour l'électrotypie; en général, il suffit d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre (1) mêlée avec un tiers de son volume d'acide sulfurique très-étendu.

221. Dans la fabrication des médailles, on doit avoir soin d'empêcher l'adhérence de bulles d'air au moule, et sa pénétration dans la dissolution, quand on y plonge le moule. Cet accident arrive quand ce dernier présente des creux profonds, car on voit, dans ce cas, des bulles d'air fixées sur les cheveux, la barbe et à la racine du nez; cet accident suffit pour gâter la copie. Pour empêcher qu'il n'ait lieu, on doit examiner la médaille après qu'elle est restée quelque temps dans la dissolution, et en faire disparaître toutes ces bulles. Si on ne prenait pas cette précaution, les bulles se trouveraient revêtues d'une couche de cuivre, ce qui produirait de petites cavités (N° 129).

222. Le procédé par la batterie est, sans contredit, préférable pour la fabrication des médailles; mais la forme de l'auge à précipiter doit varier suivant le volume et la forme des médailles à copier. Pour les grandes médailles, celles, par exemple, de 15 centimètres (5 pouces 7 lignes) de diamètre, un vase en poterie, ou mieux en verre, doit être préféré. La médaille doit être soudée à un fil métallique, et mise à plat au fond du vase; on doit faire communiquer le fil avec le zinc de la batterie, et placer ensuite au-dessus de la médaille un fragment de cuivre d'un diamètre un peu plus grand que le sien. La forme particulière du vase doit être telle que le cuivre ne puisse pas descendre et se mettre en contact avec la médaille, accident qu'il faut éviter avec soin. Ce morceau de cuivre doit communiquer avec l'argent de la batterie. On

(1) 220. On sait que l'eau froide dissout un quart de son poids de sulfate de cuivre, tandis que l'eau bouillante en dissout moitié. Toutes les fois qu'on désirera une solution cuivreuse bien saturée, on devra la faire à chaud et la maintenir à une température élevée pendant la durée de l'opération.

doit verser ensuite la dissolution dans le vase, alors l'
commencera immédiatement. Le cuivre de la dissolut
déposera sur la médaille, et le pôle positif de cuivre se
sous pour maintenir la saturation du liquide. Il est to
nécessaire d'employer une batterie suffisamment gran
précipitation s'effectue mieux quand la batterie offre u
face double ou triple de celle du métal négatif; mais, e
vant les règles précédemment établies, on peut employ
batterie de n'importe quelle grandeur.

Pour les petites médailles je donne la préférence au p
par la batterie. Dans ce cas on peut employer l'auge à
piter verticale (*fig.* 6, *Pl.* II) : un morceau de cuivre, co
niquant avec l'argent de la batterie, est placé d'un cô
de l'autre, on met autant de médailles qu'on en peut
vis-à-vis du cuivre; on doit les faire communiquer toute
le zinc de la batterie. L'avantage de ce mode opératoi
tous les autres, est la facilité qu'a l'opérateur pour enle
ajouter une ou plusieurs médailles sans endommager l
tres. De cette manière on peut en fabriquer en même
8, 10, 12, et même un nombre plus considérable.

223. Quoiqu'on doive généralement préférer le procé
la batterie, cependant il ne s'ensuit pas que ce soit le seul
puisse employer; car l'appareil à une seule cellule est
ment applicable aux médailles (*fig.* 1 et 2, *Pl.* II); on pe
ployer n'importe lequel des appareils que nous avons d
et la seule règle générale à adopter est d'avoir soin de s
vir d'une dissolution concentrée de sulfate de cuivre,
plaque de zinc suffisamment grande, et de faire en sort
la distance du zinc au moule ne soit pas trop grande. U
d'acide ajouté au sulfate de cuivre améliorera la qual
métal réduit (107-113).

224. On peut obtenir une empreinte parfaite d'un
par l'un ou l'autre de ces procédés; cependant si les cre
l'original sont profonds, le dépôt ne s'effectuera pas to
bien sur les parties les plus creuses; dans ce cas, lorsc
médaille est presque achevée, on peut la retirer de la di
tion, l'essuyer, la faire sécher et en revêtir les parties
dépôt est le plus épais, avec une couche d'une substanc
conductrice. On doit remettre alors la médaille dans la
lution, et les parties où le dépôt était plus mince ne t
ront pas à se combler.

Dans la fabrication des médailles, il n'est pas néce

d'obtenir une grande épaisseur de cuivre, il suffit que le métal obtenu soit de bonne qualité, et que son épaisseur soit celle d'un pain à cacheter (1). Dans la plupart des cas il n'est pas nécessaire de chercher à obtenir une épaisseur plus considérable; cependant, quand on veut que cette couche présente plus d'épaisseur, on peut en recouvrir le revers avec une certaine quantité de cire à cacheter. Tous ces détails doivent être dirigés d'après la fantaisie de l'opérateur; mais je pense que le dépôt qu'on obtient dans l'espace de vingt-quatre heures est suffisant.

225. Lorsque la médaille est terminée, il ne reste plus qu'à séparer la copie de l'original, ce qui n'est pas difficile. On doit d'abord avoir soin d'enlever le cuivre qui entoure le moule vers ses bords, alors la séparation s'effectuera sans effort. Quand la copie a été obtenue sur la médaille originale elle-même, les précautions que j'ai conseillées suffiront pour que l'adhérence qui a lieu soit très-minime (2). Les empreintes obtenues avec la plupart des substances non conductrices se détachent si facilement, que le moule n'en éprouve aucune atteinte; l'adhésion est beaucoup plus grande quand on emploie des moules en plomb; cependant, avec des soins, l'empreinte peut être séparée du moule sans que ce dernier en éprouve un grand dommage. Dans chacun de ces cas, il est nécessaire de prendre certaines précautions pour diriger la force qu'on emploie à

(1) 224. Il sera prudent de donner aux médailles une épaisseur plus grande que celle indiquée par M. Smee; sans cette précaution elles sont sujettes à se voiler et à se déformer, surtout lorsqu'on les chauffe pour les bronzer. Cinquante à soixante heures d'immersion donneront une épaisseur convenable.

C'est ici le lieu d'indiquer un petit artifice fort simple pour imiter les médailles au point de tromper l'œil du connaisseur le plus exercé. On fera avec du cuivre rouge une virole du diamètre de la médaille qu'on veut imiter, et de la hauteur de cette médaille posée à plat. Sur cette virole, tournée et polie avec soin, on soudera très-promptement à l'étain, ou de toute autre manière, les deux côtés de la médaille imitée par le procédé galvanique. Si cette opération est exécutée adroitement, on obtiendra ainsi une copie tout-à-fait identique de la médaille originale; son apparence sera exactement la même, et il faudra la tenir à la main pour s'apercevoir, à la différence de poids, que ce n'est qu'une imitation. Il est bien entendu que la virole et les deux plaques seront bronzées par les procédés indiqués plus haut, No et surtout note 186; voir aussi l'Appendice.

(2) 225. Lorsque la copie sera adhérente à l'original de cuivre, il suffira souvent de chauffer le tout pour que la différence de dilatation des métaux, occasionée par la chaleur, produise leur séparation.

Si l'adhérence avait lieu sur un modèle de plomb, on pourrait, à défaut d'autre moyen, faire fondre le plomb qui entre en fusion à une température bien au-dessous de celle qui altérerait le cuivre. Ce procédé est applicable, à bien plus forte raison, aux alliages fusibles.

Quant à la manière de s'y prendre pour diriger les efforts qui doivent amener la séparation de la copie et de l'original, on trouvera dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*, note 7, lettre *d*, des détails fort étendus à cet égard.

produire la séparation, car il y a manière d'enlever avec plus ou moins de facilité.

Quand on emploie le cuivre pour obtenir un dépô comme nous l'avons dit, éviter l'adhérence de la c ginal (125, 126).

226. On ne comprendra bien l'importance de l' tallurgie pour la fabrication des médailles, que qua la difficulté qu'on a à surmonter pour frapper cel d'un grand diamètre. M. Haggard possède une mag daille, de Boulton, d'environ 10 centimètres (4 diamètre, et il assure qu'il a fallu la frapper tro avant de l'obtenir d'une exécution parfaite. C'est semblables que les avantages de l'électro-métallur nent évidents; car, à l'aide de l'agent galvaniqu cation d'une pareille médaille ne serait pas plus celle de la médaille la plus ordinaire.

227. On peut donc, à l'aide de l'électro-métallur tuer le souvenir d'un ami, ou d'un homme célè science, ses talents ou ses vertus; tandis qu'on ne p frapper leur médaille qu'à grands frais. Il est facil curer à peu de frais une empreinte en cire de dont on veut conserver les traits; sur cette em peut obtenir un moule que l'on revêt d'une cou lique en suivant les règles que nous avons tracées pense, partagée entre trente ou quarante personne point onéreuse pour chacune d'elles, et elles aurai faction d'avoir le portrait de la personne qu'ell aimée; et quel immense avantage que celui de portrait d'un ami, au lieu d'une simple bague d une inscription! Combien le souvenir serait plu Souvent, en effet, l'anneau n'est prisé qu'à caus leur intrinsèque, et après avoir été porté pendant est impitoyablement livré au creuset; tandis qu'u de cuivre, à part la beauté de son exécution, ne va quelques centimes, et serait cependant d'un gran celui qui la posséderait.

228. Il est à désirer qu'on puisse, à l'aide du g parvenir à obtenir une médaille parfaite, c'est-à une face et un revers; car on n'y a pas encore r chose est fort difficile, si j'en juge d'après ma pr rience.

Voici comment je m'y suis pris pour essayer d'a

but. Je me suis procuré des empreintes en creux des deux côtés d'une médaille et je les ai mises en contact à la partie du plâtre qui se trouvait en dehors de l'impression, de telle sorte qu'il y eût entre les deux faces un intervalle égal à l'épaisseur de la médaille. La surface intérieure des empreintes en plâtre fut ensuite revêtue d'une couche de plombagine et mise en communication avec le zinc de la batterie, tandis que le morceau de cuivre qui devait être dissous (l'anode) était placé au-dessus d'un petit trou que j'avais laissé sur le bord du moule, et communiquait avec l'argent de la batterie. Cette tentative ne fut point suivie de succès. Je pense néanmoins qu'il serait possible, à l'aide de ce moyen, d'obtenir des médailles épaisses offrant deux faces. (Voyez *Note* 224, 2e alinéa.)

CHAPITRE II.

DES MOYENS DE COPIER LES CACHETS, LES SCEAUX, LES EMPREINTES EN PLATRE, ETC.

Importance des cachets, 229. — Procédé pour copier un cachet, 230. — Moules en cuivre pris sur des médailles en plâtre, 231. — Qualités du cuivre réduit, 232.

229. Jadis, lorsque la faculté d'écrire n'était donnée qu'à un petit nombre, un seing ou cachet était une chose de la plus haute importance : il remplaçait dans les actes le même office qu'une *signature*, et c'est précisément là l'origine de ce dernier mot. Aucune transaction n'avait lieu sans être accompagnée du sceau des parties; chaque corporation avait le sien. Comme preuve de la haute importance qu'on attachait aux sceaux, nous citerons celui de Southwell, dont l'empreinte ne s'obtenait qu'après l'application de trois cachets séparés. Chacun de ces derniers se trouvant en la possession des trois intéressés, il aurait fallu que le contrefacteur les eût tous pour obtenir une empreinte complète et pouvoir aliéner une terre ou une propriété. Aujourd'hui le sceau a perdu sa valeur, et dans le vaste établissement où je demeure (1), des milliers de livres sterlings changent à chaque instant de main sans subir cette formalité.

230. Maintenant donc que les cachets ont perdu de leur importance, nous ne voyons pas d'inconvénient à décrire le moyen de les copier. Ce moyen est fort simple : on recouvre

(1) La Banque d'Angleterre.

d'abord les empreintes en cire à cacheter d'une couch trêmement mince de plombagine à l'aide d'une brosse Si cela est nécessaire, on peut aider à l'action de cette stance au moyen d'une petite goutte d'esprit-de-vin; n faut tâcher d'éviter l'emploi de ce liquide, attendu que l étant soluble dans l'alcool, le cachet pourrait être en magé. On fait chauffer ensuite un fil métallique fin à la me d'une bougie, et l'extrémité chauffée est mise en co avec le bord du cachet pour qu'elle puisse y adhérer. O mettre un peu de plombagine autour du point d'inserti fil. On place alors le cachet dans la dissolution; le res l'opération est semblable, sous tous les rapports, au pr qu'on suit pour obtenir des empreintes de médailles. (4 220, 221, 222, *fig.* 6.)

On peut copier facilement, par ce procédé, les scea plus étendus, comme celui d'Angleterre, ou les grands s des évêques. Ceux de moindre dimension s'obtiennent une égale facilité. L'opérateur doit se souvenir que, que lui soit parfaitement libre d'imiter les sceaux des règnes dents, il encourrait les peines les plus sévères s'il se perm de copier ceux actuellement en usage.

On pourra ainsi répondre à un ami dont on a reçu la la veille ou dans la matinée, en lui envoyant une portant son propre cachet qu'on aura reproduit par l'él typie.

Si on veut obtenir une copie en relief d'un cachet d également en relief, il faut recourir à deux opérat faire d'abord un creux en plâtre; quand on aura obte dernier, on s'en servira comme on le fait pour le plât général (139 à 142) (1).

231. Des empreintes en cuivre peuvent être faites av plus grande perfection sur des médaillons en plâtre. veut prendre un creux en cuivre d'un plâtre en relief, o pare simplement le plâtre avec du suif, de la cire, ou autre substance analogue, N°s 139 à 142; on y app ensuite avec soin de la mine de plomb, et l'on fixe auto son bord un fil métallique fin pour faire communiquer l daillon avec la batterie. Cela fait, on peut plonger ce d dans la dissolution. La copie en cuivre ainsi obtenue est

(1) 230. On trouve également dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, No 4 excellent procédé pour transporter directement un creux en plâtre en un rel même matière, et *vice versâ*.

exécution aussi parfaite que le plâtre original. Quand on veut avoir un relief du médaillon en plâtre, on peut soit *électrotyper* le moule en cuivre obtenu comme je l'ai déjà dit N° 214, ou faire un moule de cire vierge, après avoir préalablement imbibé le plâtre avec de l'eau, N° 137, à la fin. Le moule en cire doit être enduit de mine de plomb, et on doit le fixer à un fil métallique avant de l'introduire dans la dissolution. On peut employer, dans le même but, un mélange de cire vierge et de colophane. Son application est semblable à celle de la cire blanche. La médaille de cuivre obtenue par l'un de ces moyens est parfaite, et ce procédé peut être considéré comme excellent, car il ne présente aucune difficulté, n'exige pas beaucoup de travail, et s'exécute sans altérer le médaillon en plâtre. La seule difficulté qui accompagne la reproduction des ouvrages en plâtre, n'est pas la fabrication de la copie en cuivre, mais bien celle d'obtenir une empreinte en plâtre bien faite. Il est à remarquer que chaque artiste qui s'occupe de l'exécution d'objets en plâtre s'imagine être en possession de quelque secret. Mais le fait est que cet art ne s'acquiert que par la pratique et n'est pas une science soumise à certaines lois (1). On peut obtenir un moule stéréotypé, d'un original en plâtre, et tirer de ce moule une copie en cuivre. L'appareil et le mode opératoire sont semblables à ceux employés pour la reproduction des monnaies et des médailles. Mais peu de personnes consentiront aujourd'hui à adopter cette méthode, qui est inférieure aux autres. 220, 222 (*fig.* 3, 5, 6).

232. On peut donner au dépôt de cuivre qui se forme dans les préparations précédemment indiquées, la texture qu'on juge convenable, en suivant les règles que j'ai prescrites. On peut l'obtenir de la plus grande flexibilité ou de la plus grande dureté. Une médaille, un camée, ou un cachet, peuvent être obtenus très-durs, en employant une dissolution très-forte, une grande batterie, ou un pôle positif en cuivre très-volumineux. Ce mode de préparation peut être très-utile pour l'anaglyptographe de Bate, instrument très-ingénieux, à l'aide duquel on peut reproduire en planche gravée un original en

(1) 231. M. Smee tombe ici dans une grave erreur ; l'art de bien mouler le plâtre ne s'acquiert pas par la pratique seule, il existe, pour y réussir, une foule de procédés imaginés successivement par les artistes, et qui ont été recueillis en des *règles certaines*, et forment une théorie dont l'observation est essentielle à la perfection de cet art. Nous recommandons de nouveau l'excellent *Manuel du Mouleur en médailles*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

relief. On fait passer sur la médaille un poinçon qui sous un angle de 45 degrés. Cette pointe communiqu vement à une autre pointe de diamant. A mesure que qui passe sur la médaille est élevée ou abaissée, le suit une courbure analogue, en sorte que les ligne sur la planche forment certaines courbures qui rep une copie exacte de la médaille (1).

Quand on emploie une légère couche de plomba cuivre déposé ne change pas de couleur, quoique cet s'attache à l'empreinte en cuivre quand on enlève sans laisser de trace sur l'original en plâtre; mais l du cuivre sera modifiée si la couche de plombagine es

CHAPITRE III.

DE LA REPRODUCTION DES OBJETS EN AIRAIN ET EN

Procédé à suivre pour obtenir cette reproduction, 233.

233. Il n'existe peut-être pas, en Angleterre, une é ne possède quelque monument antique, consistant plaque d'airain où sont gravés les portraits de tous l bres d'une famille. A Yarmouth, ces antiques furent peu dignes d'intérêt, que l'on employa ces vénérable nirs à la fabrication de poids à l'usage de la ville. Ce les antiquaires ont une grande vénération pour ces monuments, et beaucoup d'entre eux s'estimeraient d'en posséder une copie. Rien de plus facile.

Pour reproduire les gravures sur l'airain, il suffit tenir une copie en plâtre de Paris, après avoir préala frotté l'original avec de l'huile; ensuite on fait bien plâtre, et on l'enduit de suif; cela fait, on fixe auto un fil métallique et on le frotte de mine de plomb, a brosse douce, avant de le faire communiquer avec la On ne peut reproduire par ce procédé que les objets e d'un volume moyen, car, quelques-uns sont tellement qu'il est presque impossible de les copier.

(1) 232. Le procédé de gravure de Bate nous paraît être analogue, mais inférieur à celui employé par M. Achille Collas, pour la gravure de son *Ty* mismatique. Cet admirable ouvrage est maintenant entre les mains de tous qui s'occupent de médailles. Nous croyons que l'électro-métallurgie est app ter un nouveau secours aux intéressants travaux de M. Collas.

Le procédé par la batterie est le plus approprié à la reproduction de ces objets. On emploie comme pôle positif un grand morceau de vieux cuivre qu'on doit placer le plus près possible du plâtre. Comme les objets en airain sont ordinairement d'une grande étendue, et que la copie en plâtre l'est également, on doit employer une forte batterie, sinon, la force de la dissolution métallique doit être réglée d'après la puissance de la pile, et on doit la rendre beaucoup plus étendue et plus acide.

CHAPITRE IV.

DE LA MANIÈRE D'OBTENIR DES CREUX COPIÉS SUR DES SURFACES EN RELIEF.

Des copies de métal en creux, prises sur des surfaces en relief, 234. — Particularités concernant les creux pris sur du papier, 235.

234. Toutes les surfaces en relief peuvent être copiées avec facilité, qu'elles soient en papier ou en toute autre substance. On doit d'abord les rendre non absorbantes, en les enduisant d'huile, de vernis, ou de cire, suivant l'épaisseur de leur tissu (*voyez* N°s 139 à 142). Cependant l'huile de lin doit être préférée pour la préparation du papier. On doit faire sécher la couche d'huile avant d'y appliquer celle de mine de plomb, et de mettre l'objet dans la dissolution.

235. Les empreintes provenant d'un original en papier présentent souvent une apparence légèrement dentelée sur leurs parties unies, ce qui s'explique par les vergeures et autres inégalités de la pâte du papier qui s'y sont imprimées. Il paraît que cet inconvénient n'a plus lieu après que plusieurs copies ont été obtenues.

L'attention de l'autorité a sans doute été fixée sur ce fait, à savoir que par l'électro-métallurgie on peut, avec la plus grande facilité, contrefaire les timbres secs. C'est à elle à décider quelles sont les mesures à prendre à cet égard (1).

(1) 235. L'inconvénient de la contrefaçon des timbres secs, au moyen de la galvanoplastie, n'est pas aussi grave qu'il le paraît au premier abord, du moins pour le papier timbré dont la vignette, à filigranes, incrustée dans la pâte même du papier, opposera toujours un obstacle aux faussaires qui seraient tentés de contrefaire le timbre sec.

CHAPITRE V.

DE LA FABRICATION DES MOULES OBTENUS SUR DES VÉGÉTAUX, DES LÉGUMES.

Moyen d'obtenir des moules de végétaux, 236. — Méthode de C

236. Dans un livre précédent nous avons ensei nière de revêtir les fruits et autres espèces de vég couche de cuivre métallique, après toutefois les d'une certaine quantité de mine de plomb (207) tinue l'opération jusqu'à ce qu'un épais dépôt ait au lieu d'une légère couche, on obtiendra un m une empreinte métallique prise sur une feuille de surpasse toute description : en effet, cette emprei perfection admirable, car chaque fibre et chaque un mot, les moindres parties de la feuille sont ex la plus grande fidélité sur la copie en cuivre. On de la même manière la surface d'un fruit, e chaque rugosité, chaque dépression, quelque déli soient, s'y trouvent reproduites aussi fidèlement ginal.

237. Chantrey a imaginé un procédé ingénieu cile et compliqué, pour obtenir l'empreinte des f bourgeons d'un arbre : il prend du sable fin de f pulvérise et tamise avec soin, il y enferme les bourgeons; le tout est desséché au four, les parties réduisent en charbon qu'on fait disparaître en sou par des ouvertures ménagées à cet effet; le charb et laisse un vide qui représente la forme de la bourgeon; cette cavité fait l'office d'un moule da verse du cuivre fondu. On atteindra plus facilem but à l'aide du courant galvanique.

Toutes les substances animales et végétales qui journer quelques heures dans la dissolution de cu tération, peuvent être copiées. Dans tous ces cas batterie, semblable à celui qu'on emploie pour l doit être préféré (*fig.* 3, *Pl.* II) (1).

(1) 237. Nous ne voyons pas trop quel parti on pourrait tirer, dan moules de fruits et de végétaux; on ne pourrait même pas y fondre d que ce soit, puisqu'il faudrait briser le moule pour en retirer le sujet, dèles en plâtre, qui coûtent bien moins cher, sont beaucoup plus com de la cire, et on peut les faire en plusieurs pièces, ce qui permet la d

CHAPITRE VI.

DE L'APPLICATION DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE A L'ART DU FONDEUR.

Procédé que suit le fondeur pour obtenir un sujet en métal, 238. — Moyens employés par l'électro-métallurgiste dans le même but, 239. — Texture du cuivre, 240. — Remarques générales, 241. — Application de l'électro-métallurgie à l'orfèvrerie, 242; — A l'art du dentiste, à la chirurgie, à la minéralogie, 243.

238. Notre siècle a malheureusement, pendant longtemps, cessé d'encourager la sculpture; cependant, depuis quelques années, une recrudescence favorable à cet art semble s'être opérée, et l'on en peut juger par ce luxe d'innombrables statuettes qui aujourd'hui envahissent nos maisons. Si ce retour à la sculpture s'étend au-delà de la durée passagère d'une mode, l'électro-métallurgie est appelée à lui prêter un grand secours.

Pour obtenir une statue en fonte, le sculpteur livre au fondeur son modèle en terre, on en tire ensuite une épreuve en plâtre ou en cire, et c'est sur cette dernière qu'est fait le moule en terre ou en sable qui doit recevoir le métal fondu. Ces diverses opérations nécessitent un très-grand travail, et ne sont pas sans danger, à cause des explosions qui peuvent avoir lieu en coulant le métal; en outre, la copie métallique est loin d'être parfaite; elle exige de nombreuses retouches et un nouveau travail pour être terminée.

L'électro-métallurgiste pourrait obtenir un résultat plus parfait en préparant simplement son sujet en plâtre, en le revêtant de mine de plomb, et en le plaçant dans une dissolution de sulfate de cuivre. Un fil métallique, mis en contact avec la mine de plomb, doit communiquer avec le zinc de la batterie, tandis que le fragment de cuivre qui doit être dissous, doit être en rapport avec l'argent de la même batterie.

239. Quand l'original présente de grandes dimensions, il est nécessaire que le vase dont on se sert offre une énorme capacité : pour obvier à cette difficulté, on doit, si le moule est creux, joindre ses différentes pièces ensemble par de la cire ou de la graisse, de manière à ce qu'il devienne lui-même

Ces moules seront donc complètement inutiles toutes les fois qu'il s'agira de reproduire un sujet en ronde bosse, et on ne pourra les appliquer que pour des objets plats, comme des feuilles, etc.

le vaisseau propre à contenir le liquide. On doit se
fortes batteries et d'une dissolution légèrement étendu
que, d'après les probabilités, le volume de la batteri
pas proportionné à l'immense surface que présentera l'
même lorsque ses dimensions seront peu considér
morceau de cuivre qui forme le pôle positif doit é
grand que possible. Il doit être placé très-près
en plâtre, afin qu'il y ait peu d'obstacles au passag
rant. Enfin il sera bon de lui faire suivre, autant
pourra, tous les contours de l'objet à cuivrer; une
cuivre assez grande pour environner cet objet, sera le
anode qu'on puisse employer dans ce cas (1).

240. On peut donner au cuivre n'importe quelle é
sa force et son épaisseur peuvent aussi être réglée
que l'exige telle ou telle partie du travail, en augment
diminuant la distance entre le plâtre et la plaque p
cuivre. Le prix d'une statuette de bronze, obtenue
méthode, comparé à celui qu'elle coûterait par la
généralement en usage, est difficile à déterminer ex
Dans l'ancien système, on doit tenir compte de la
cuivre, du charbon employé pour le fondre, et en
la main-d'œuvre nécessaire pour terminer ensuite l
Dans le procédé à l'aide du galvanisme, les dépense
valeur du cuivre, plus la valeur d'un poids égal de
le travail nécessaire pour mettre les batteries en
faut déduire de tout cela la valeur du sulfate de zin
formé pendant l'opération. D'après les évaluations pr
on voit qu'on ne peut se former qu'une idée approxim
frais nécessités par les deux méthodes; et ce pro
pourra être résolu qu'en faisant des opérations sur
échelle.

241. Avant de terminer, je dois dire que l'élect
lurgie ne se borne point aux applications que nous
gnalées dans le cours de cet ouvrage; car, tout obje
peut faire une copie en cuivre par l'ancien système d
peut être également reproduit à l'aide du fluide ga
Quant aux autres métaux, on peut, à la vérité, les

(1) 239. Nous savons qu'en France des essais ont été faits pour revêtir
de cuivre de grandes statues de plâtre, mais nous doutons qu'on soit parve
à un résultat satisfaisant. Quant aux statuettes et autres objets de moindre
sera facile de les recouvrir de cuivre, et cette couche, quelque mince qu'e
risera merveilleusement l'application de ces bronzages si usités depuis qu
en remplaçant les couches épaisses de peinture qui empâtaient toute la d
sculptures.

dans quelques cas; cependant l'application du fluide galvanique à leur préparation doit être limitée, à cause du prix élevé de plusieurs d'entre eux, et c'est là ce qui mettra un obstacle à leur emploi général; tandis que la valeur de quelques autres est assez peu considérable pour que leur usage soit peu dispendieux.

L'électro-métallurgie promet de rendre de grands services à ceux qui travaillent l'or, car, après s'être procuré un modèle, ils peuvent s'en servir pour obtenir les copies les plus compliquées; il est vrai que l'achat des articles en or est si dispendieux, que la main-d'œuvre n'y entre que pour une faible part; sans cette circonstance, l'électro-métallurgie serait de la plus grande importance pour les orfèvres.

Le dentiste a besoin, pour la fabrication des rateliers, d'une empreinte exacte de la bouche, faite en platine, en or, ou en palladium. Le prix de fabrication de ces appareils est si considérable, que beaucoup de personnes se privent de leur usage. Il est nécessaire qu'ils puissent s'adapter parfaitement aux gencives, et, sous ce rapport, l'électro-métallurgie peut venir en aide au fabricant; mais on doit se souvenir que, nonobstant les règles prescrites dans ce livre, ces sortes d'ouvrages exigent de la dextérité et de l'habitude.

243. L'électro-métallurgie peut, dans certains cas, être très-utile aux chirurgiens et aux orthopédistes, car, quand ils veulent exercer une pression continue sur une partie, ou placer une région du corps dans une position particulière, ils peuvent construire un instrument en cuivre approprié aux différents cas qui se présentent, résultats qui peuvent être obtenus en prenant d'abord une empreinte en plâtre, ou en étoffe amidonnée, de la partie malade.

L'électro-métallurgie n'est pas sans intérêt pour le géologue, car non-seulement elle peut reproduire la forme des veines métalliques renfermées dans le sein de la terre, mais encore elle fournit le moyen d'obtenir des copies en cuivre des fossiles sur lesquels les dissolutions métalliques n'exercent aucune action. Si la dissolution est acide, elle ne pourra pas être employée pour les stratifications qui contiennent du carbonate de chaux; mais alors on peut obtenir d'abord une copie en plâtre, dont on pourra tirer une autre copie qui sera aussi parfaite que l'original. Ces empreintes métalliques doivent être préférées à toute autre espèce de copie, car elles sont plus légères, occupent moins de place, sont moins fragiles, et par conséquent plus durables que les autres.

LIVRE V.

DE L'ÉLECTROTYPIE.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA REPRODUCTION DES CARACTÈRES D'IMPRIME

Manière d'imprimer les livres, 244. — De la stéréotypie, 245. — Des ca électrotypiques, 246.

244. Les caractères dont on se sert pour l'impres livres, sont formés de lettres séparées et composées liage particulier; ces lettres combinées ensemble form mots, un certain nombre de mots forme un paragrapl

La plupart des ouvrages sont imprimés par parties, que tandis qu'on imprime un chapitre, l'auteur sou compose un autre. Dans ce cas, l'électrotypie ne sera cune valeur pour le typographe, car les caractères qu ploie pour imprimer la première partie d'un ouvrag ront encore pour en imprimer une autre.

245. Quant aux livres qui sont d'un grand débit, la Bible ou les livres de prières, qui n'exigent pas fasse de changements pendant un grand nombre d'ann est dans l'habitude, quand l'ouvrage est entièrement co d'en prendre une copie stéréotypée. On obtient d'abo empreinte en plâtre de ces caractères, puis on la fait au four, et sur ce modèle on prend ensuite une secon preinte en métal.

L'empreinte, ainsi obtenue, offre l'avantage d'être seule pièce, tandis que les caractères ordinaires sont de lettres séparées. Une planche stéréotypée peut être à si bon marché, que l'électrotypie ne saurait rivalis elle sous ce rapport.

246. Pour obtenir une copie électrotypée d'une pa mée de caractères ordinaires, il faut prendre une imp en creux de cette page, soit directement avec un mét avec du plâtre. Dans ce dernier cas, il faut rendre le

non absorbant. On peut aussi prendre cette empreinte en cire blanche ; l'impression en creux doit être couverte d'une couche de mine de plomb, et placée dans la dissolution, afin de recevoir le dépôt de cuivre. Ce procédé n'est guère utile que pour les Bibles, et sa durée est probablement plus grande que celle des planches stéréotypées ; mais jusqu'ici on n'a pas de donnée positive à ce sujet (1).

CHAPITRE II.

DE LA REPRODUCTION DES PLAQUES EN CUIVRE UNIES.

Manière de préparer les planches de cuivre unies, 247. — Planches électrotypiques, 248. — Procédé pour les obtenir, 249. — Manière de diriger la batterie, 250. — Auge à précipiter, 251. — Température, 252. — Pôle positif, 253. — Règles pour donner au cuivre telle ou telle texture, 254. — Appareils à une seule cellule, 255. — Temps qu'exige ce procédé, 256. — Enlèvement de la plaque, 257. — Manière de préparer la plaque pour l'usage des graveurs, 258. — Economie dans la fabrication, 259. — Prix d'une plaque, 260.

247. L'application de l'électrotypie aux différents genres de gravures est de la plus grande importance. Les gravures sont généralement faites sur des planches de cuivre qu'on soumet à une longue et laborieuse préparation. Le cuivre qu'on emploie dans ce cas doit être aussi pur que possible; après l'avoir laminé de manière à lui donner une certaine épaisseur, on le livre au fabricant de planches en cuivre ; celui-ci examine attentivement la planche, et enlève toutes les particules de métal étranger qu'il aperçoit à sa surface; après quoi, pour combler les petites cavités qu'occupaient ces particules, il plane de nouveau la planche à coups de marteau ; on la polit ensuite grossièrement avec du charbon.

248. Les planches de cuivre ainsi obtenues, ne sont pas pures, car elles contiennent généralement de l'étain et d'autres métaux qui rendent la gravure au burin difficile, et la gravure à l'eau-forte incertaine dans ses résultats. Pour obvier à ces imperfections, on peut obtenir une plaque électrotypique copiée sur une plaque en cuivre ordinaire; et comme le métal qui se dépose sous l'influence du fluide galvanique est de la plus grande pureté, il est plus approprié aux besoins du graveur. Cette plaque copiée présente une surface aussi

(1) L'électrotypie pourrait être appliquée avec plus d'avantages à la production des moules ou matrices dans lesquels on fond les caractères d'imprimerie.

unié que celle de l'original, et peut être immédiatemen
en œuvre. Mais il est mieux cependant de marteler la
de la polir avec du charbon, ce qui l'améliore en la r
plus élastique ; et l'opinion d'un des premiers fabric
planches de cuivre de la ville de Londres, est que la p
galvanique, ainsi planée, est aussi bonne qu'une plan
acier. Une de ces plaques électrotypiques fut planée au r
et préparée comme les plaques ordinaires dont se serv
graveurs. M. Palmer y fit exécuter plusieurs dessins.
neur, interrogé sur la qualité de la plaque qui avait été
à son travail, répondit qu'elle était bien supérieure
obtenues par le laminage ordinaire.

Quelques personnes avaient douté que les planches o
par l'électrotypie pussent supporter l'action du mart
fait précédent lève toute incertitude à cet égard. Cett
che fut ensuite soumise à l'action du burin, et l'artiste
vis que la qualité du cuivre était telle, que la gravure a
exigeait beaucoup moins de travail comparativeme
planches ordinaires. Un graveur à l'eau-forte part
même opinion et avoua que l'acide nitrique mordait p
formément sur ce cuivre, ce qui dépendait sans dout
extrême pureté. D'autres planches galvaniques reçu
dessins tracés à l'aide du tour à guillocher, ou furent
par l'anaglyptographe de Bate (N° et note 232); plusi
périences analogues furent faites, et tous les artistes
livrèrent furent du même avis, et attribuèrent cette
testable supériorité à la pureté du cuivre, tandis qu
vre ordinaire est presque toujours mêlé de charbon,
d'autres métaux, ou souillé de quelques scories et au
puretés.

249. Le procédé, pour obtenir ces plaques, est fort
La planche sur laquelle le dépôt doit se faire, doit p
sur sa face postérieure une lame de métal qu'on y souc
lame sert à établir la communication avec le zinc de
terie. La température qu'exige cette opération chasse
revêt la surface de cette planche, en sorte que si on la
de suite dans la dissolution de sulfate de cuivre, il
craindre que l'original et la copie n'adhérassent en
Pour éviter cet accident, la plaque soudée doit êtr
dans un lieu frais pendant vingt-quatre heures et mên
ce qui lui permettra de se revêtir de nouveau d'une
d'air. Ceux qui ne sont pas habiles à souder les métau

vent se servir tout simplement d'un fil métallique ou d'un fragment de métal qu'on met en contact avec la face postérieure de l'original : ce moyen de communication est tout-à-fait suffisant. Les parties de la plaque sur lesquelles on ne veut pas que le dépôt s'effectue, doivent être enduites de cire, de suif, ou de toute autre substance non conductrice.

250. La plaque étant ainsi disposée, on se sert d'une batterie en argent platiné, dont la surface est égale à deux fois celle du métal négatif. On charge cette batterie avec de l'acide sulfurique étendu (environ un décilitre d'acide sulfurique concentré dans dix décilitres d'eau). En employant l'acide ainsi étendu, on obtient une action locale beaucoup moins considérable ; et pour cette raison on ne doit pas verser l'acide dans la pile avant que le refroidissement ne soit complet.

Pour le but qu'on se propose ici, la meilleure forme de batterie est celle qui est représentée dans la figure 3, *Pl.* II. L'élément argent présente une vis qui y est soudée, et un morceau de bois est fixé à sa partie supérieure. Une bande de zinc est placée sur chaque face de l'argent, et ces deux bandes sont simplement unies l'une à l'autre et à une vis, par une autre grande vis qui joint ensemble ces deux bandes de zinc et la pièce de bois, qui est unie à l'argent. Cet ingénieux appareil semble avoir été imaginé pour éviter l'ennui d'ajouter continuellement un autre fragment de zinc à mesure que ce métal est dissous.

251. On peut mettre en usage une auge à précipiter, verticale ou horizontale. L'auge verticale est un vase de bois allongé, dont l'intérieur est luté (119), on y met d'un côté la plaque qu'on veut copier, et de l'autre le morceau de cuivre qui doit être dissous (*fig.* 3, *b*, *Pl.* II).

L'auge horizontale est un vase carré, à parois peu élevées, dans le fond duquel on introduit la plaque qu'on veut copier (*fig.* 4, *Pl.* II); on place à 14 millim. (1/2 pouce) au-dessus de cette dernière, la plaque de cuivre qu'on veut faire dissoudre. Il est nécessaire de mettre la plaque négative au-dessous, sans cela la force de la dissolution ne serait point maintenue uniformément, et une masse de cristaux se déposeraient au fond du vase. Le premier appareil est plus convenable pour une précipitation lente, mais le second est plus approprié à la précipitation rapide du métal.

Quel que soit le procédé qu'on emploie, l'auge doit être remplie d'une dissolution de sulfate de cuivre, d'une force appropriée à la puissance de la batterie. Si on emploie une

batterie, on doit l'amorcer avec une dissolution saturé fate de cuivre, étendue d'un peu plus d'un tiers de son d'acide sulfurique. On peut employer une dissolutio trate de cuivre, de 500 gram. (1 liv.) pour 2 litres, ce tera la formation du dépôt métallique. On peut encor vir d'une dissolution presque saturée de sulfate ou de de cuivre, si toutefois on emploie une série de quatre batteries, ou si la dissolution est maintenue à une ha pérature. Il est bon de placer d'abord la plaque dans solution neutre, et ensuite, quand elle est déjà revêt légère couche, de la plonger dans la dissolution aci que la couche d'air ne soit pas chassée.

252. Toutes les fois que cela est possible, on doit p dissolution à la température de l'eau bouillante, atten par ce moyen, le dépôt se formera beaucoup plus vit le cuivre présentera plus d'élasticité.

On ne doit pas confondre l'*élasticité* avec la *flexibi* reur qui n'est que trop fréquente. Cette dernière est priété que possèdent les corps de pouvoir être fac courbés en restant dans la même position, tandis qu ticité est la propriété qu'ils ont de revenir à leur p forme après avoir été courbés.

La flexibilité des métaux est facile à obtenir en se mant aux règles précédemment établies; quant à l'éla c'est la propriété que l'électro-métallurgiste a le plus d à donner aux métaux.

253. Quand on a rempli l'auge avec le liquide, on un morceau de cuivre de même dimension que celle planche, et on le fait communiquer avec l'argent de la rie. Celle-ci étant amorcée, l'auge à précipiter étant par la dissolution, et le fragment de cuivre à dissoudr plongé dans l'auge et uni à l'argent de la batterie, faire communiquer le fil qui est soudé sur la plaque oi pôt doit s'effectuer, avec le zinc de la batterie, et l'op doit surtout avoir soin de ne plonger qu'en dernier plaque de cuivre dans l'auge à précipiter, pour comp circuit; ces dispositions achevées, on voit un dépôt de pur se former (*fig.* 3 et 4); ce dépôt n'adhère pas à l'o à cause de la couche d'air qui les sépare (Nos 249, 12 et note 126).

254. Ayant mis l'appareil en action, l'expérimentate régler la quantité du courant électrique, en diminuant

augmentant la distance qui sépare les pôles dans l'auge à précipiter, suivant l'espèce de texture qu'il veut donner au métal; car ce dernier peut être obtenu aussi mou que le plomb, aussi dur que l'acier, ou d'une consistance intermédiaire. Le cuivre ne doit pas être trop cristallisé ni trop flexible, mais d'une texture moyenne entre ces deux extrêmes. Nous avons déjà suffisamment insisté sur les lois qui président à la formation de ces différentes textures. L'appareil n'exige aucune autre préparation pendant deux ou trois jours; mais au bout de ce laps de temps, on doit, si on le juge convenable, changer l'acide de la batterie ainsi que les plaques de zinc. Le morceau de cuivre qui forme le pôle positif doit toujours être examiné et changé si on le juge nécessaire. On ne doit pas laisser longtemps une plaque dans l'inaction au milieu d'une dissolution neutre, attendu qu'alors le cuivre réduit se trouverait sous la forme de lamelles sujettes à s'exfolier.

255. L'appareil à une seule cellule n'est pas propre à la confection des plaques de cuivre, parce qu'il est difficile de régler exactement la quantité d'électricité d'après la force de la dissolution. En effet, les plaques les plus grandes et les plus parfaites qui aient été obtenues jusqu'ici, ont eté faites à l'aide de l'appareil à batterie.

256. Le temps nécessaire pour confectionner une plaque varie suivant l'épaisseur qu'on veut lui donner, suivant la facilité avec laquelle la dissolution se décompose, suivant la force de la batterie, et enfin suivant la distance qui sépare les plaques dans la cellule à décomposition ou dans l'auge à précipiter. Le plus court espace de temps dans lequel on puisse obtenir une plaque, varie de vingt-quatre à trente-six heures; mais quand on emploie l'appareil à une cellule et de l'acide étendu, il faut généralement une semaine et même plus. Dans les deux cas, cependant, on peut obtenir une texture de cuivre semblable. La rapidité du travail dépend de la solubilité du sel à base de cuivre.

Le nitrate de cuivre étant le plus soluble de tous les sels de cette base, on ne peut jamais obtenir une copie plus promptement que ne le comporte la force de la dissolution de ce sel.

257. Quand la plaque est terminée, il s'agit de l'enlever de l'original, et dans ce but on doit dégager les bords de ce dernier des fragments de cuivre qui l'entourent; cela fait, l'opérateur peut séparer les deux plaques l'une de l'autre avec une extrême facilité, car s'il se conforme aux règles que j'ai tra-

cées pour faire adhérer une couche d'air sur l'origina aucune cohésion n'aura lieu entre ce dernier et la co

258. Les plaques de cuivre ainsi fabriquées peuv immédiatement employées par les graveurs, à moin est préférable, qu'on ne les plane auparavant à coups teau, ou qu'on ne les polisse avec du charbon, comme pour les plaques préparées par le procédé ordinaire.

Non-seulement on peut obtenir une plaque en cu prenant pour modèle une autre plaque de même métal dans le cas précédent, mais encore on peut atteindre c se servant, pour recevoir le dépôt, de lames de substa lesquelles le fluide n'exerce aucune action. Tels son vierge, la cire à cacheter, ou le plâtre de Paris, qu'o préalablement de mine de plomb.

259. Les fabricants de plaques électrotypiques qui un grand débit, doivent s'efforcer de diminuer leurs tous les moyens possibles. En premier lieu, ils doiven venir que le mercure, qui sert à amalgamer le zin point attaqué, mais que quand ce dernier est dissous cure se dépose sur les petites particules de métal étra le zinc contenait. On doit conserver avec soin cette ma que tous les résidus. On parvient à séparer le mer corps auxquels il est mêlé, en renfermant la masse nouet en peau, qu'il faut presser dans tous les sens; cure qui reste dans le nouet après cette opération peut tenu par la distillation. En un mot, d'après la théorie, teur doit s'efforcer de récupérer la totalité du mercur a fait usage; mais dans la pratique, il y a toujours u perte. Le sulfate de zinc qui reste dans la batterie qua ci est épuisée est entièrement pur; c'est pourquoi on évaporer la dissolution pour obtenir les cristaux de su zinc, ou bien on peut le convertir en carbonate de base dont on fait une grande consommation dans les dépôt de cuivre étant également pur, on doit en conser les résidus qui sont propres à fournir à l'or un excellent Ceux qui fabriquent beaucoup de plaques électrotypiq qui il importe peu que l'opération soit plus ou moins peuvent adopter un genre particulier de batterie. Cell être fort grande et ne doit pas être unie seulement à u auge à précipiter, mais à une série d'auges disposées ment de la même manière qu'une batterie composée; que si vingt auges étaient ainsi arrangées et mises

munication avec la batterie, on obtiendrait 10 kilogrammes (20 livres) de cuivre pour 500 grammes (1 livre) de zinc dissous. La dissolution de sulfate de cuivre dans chaque cellule doit être un peu plus étendue, et beaucoup plus acide que quand on se sert d'une seule auge; en outre, la plaque positive en cuivre et la plaque négative de chaque cellule doivent être de la même dimension. Cette grande batterie n'exige pas plus de dépense qu'une petite; car, pour obtenir une somme donnée de travail, il y aurait autant de zinc de dissous dans une batterie faite avec un dé d'argent, que dans celle qui aurait un pôle négatif dont la surface égalerait celle de toute l'Europe. Cette assertion, qui pourrait sembler paradoxale, est confirmée par cette loi : dans toute cellule, la somme d'action chimique est la même. En conséquence, une batterie, pour chaque 500 grammes (1 livre) de zinc dissous, fait précipiter 500 grammes (1 livre) de cuivre dans *chaque* auge, c'est pourquoi le nombre d'auges arrangées en série composée donnera un nombre égal de kilogrammes de cuivre précipité pour chaque kilogramme de zinc dissous.

Dans la grande et industrieuse capitale de l'Angleterre, il serait inutile de faire connaître l'excellence d'un procédé, si l'on n'y joignait quelques données sur les dépenses qu'il occasionne.

260. Les frais qui résultent de l'emploi d'une seule batterie et de l'auge à précipiter, sont : la valeur intrinsèque du cuivre qui coûte 1 fr. 40 cent. le demi-kilog. (la livre); plus le demi-kilog. (la livre) de zinc amalgamé, 1 fr. 20 cent.; plus un peu de zinc qu'on perd par l'action locale et l'acide sulfurique, 40 cent.; ce qui porte les frais de matériaux à environ 3 fr. le demi-kilog. (la livre). Qu'on y ajoute la main-d'œuvre, le temps, le loyer, et les bénéfices qui doivent résulter de cette fabrication, et l'on verra que chaque demi-kilog. (chaque livre) de cuivre mis en œuvre doit coûter environ une vingtaine de francs; mais il y a lieu d'espérer que ces frais diminueront au fur et à mesure que la vente s'étendra. Peu de personnes en effet seraient disposées à donner ce prix pour des plaques unies, à moins qu'elles ne voulussent y tracer quelque dessin fait avec un grand soin. Dans un cas semblable, l'élévation du prix serait plus que compensée par la supériorité des plaques ainsi fabriquées.

Digitized by Google

CHAPITRE III.

DE LA REPRODUCTION DES PLANCHES DE CUIVRE GR

Planches de cuivre gravées, 261. — Dessins faits sur les planches, 262. — rentes espèces de gravures, 263. — Usages des planches gravées, 264. — pour l'art du potier en faïence, 265. — Leur utilité pour les imprimeurs 266.

261. Les planches de cuivre gravées ne sont pas pl ciles à reproduire que celles qui sont tout unies. En ef planche où se trouve tracé le sujet le plus compliqué, ception la plus belle, le travail le plus délicat et le p peut être copiée avec autant de promptitude, d'exact de facilité qu'une plaque tout unie, puisque le dépôt que, dans les deux cas, s'effectue de manière à reprod dèlement l'original.

262. Les dessins gravés sur des plaques en cuivre creux, c'est-à-dire que les traits du dessin sont creus l'épaisseur du métal et situés au-dessous de sa surface problème à résoudre consiste à obtenir une copie en c'est-à-dire semblable à l'original : il faut, pour cela, tir copie en relief, ce qu'on peut faire de différentes manié peut obtenir une copie de cuivre en relief en procéda même manière que pour confectionner une plaque un 257); ce procédé est le plus parfait et doit toujours ê féré quand il s'agit de dessins délicats. On peut égalen tenir la copie d'une planche gravée en se servant d'une de plomb propre et bien décapée ; dans ce cas, on pla dernière dans une presse à imprimer en taille-douce, sous d'elle on met une plaque de fer, et par-dessus on plaque gravée ; on les soumet alors à l'action de la press cette opération, si le plomb est placé dessous, on obti impression parfaite, mais la plaque gravée qui est au-de recourbe, ce qui est un inconvénient, et *vice versâ*. En é ces faits, il me vint à l'esprit que si une troisième plaq superposée aux deux autres, cette forme curviligne n point lieu. L'expérience confirma les données de la t J'employai une plaque de plomb unie, par-dessus l je mis une autre plaque en cuivre, et par-dessus celle- pliquai une autre planche métallique, et c'est cette d qui devint courbée. On peut prendre une copie parfait

plaque gravée, avec de la cire vierge; mais, pour copier une large plaque, il faut quelqu'habitude. La cire vierge doit être recouverte de mine de plomb et plongée ensuite dans la dissolution; on peut aussi employer le plâtre de Paris, pour obtenir une impression en relief. Les ouvriers stéréotypeurs sont très-habiles dans l'emploi de cette substance; mais, quoique j'aie réussi à reproduire les plaques en cuivre en faisant usage de plâtre, je crains qu'on ne trouve pas ce procédé assez parfait pour être employé dans les travaux électrotypiques. Le plâtre doit être soigneusement préparé en suivant les règles déjà tracées, et on ne le plongera dans la dissolution qu'après l'avoir huilé et recouvert de mine de plomb. Après avoir obtenu une impression en relief par l'une de ces méthodes, il faut en tirer une copie en creux en suivant les règles établies pour copier les plaques unies. Il est nécessaire que l'objet soit recouvert d'une couche d'air avant de le placer dans la dissolution, pour éviter toute adhérence (249-257, 125, 126 et note 126).

263. La face postérieure de la plaque obtenue est toujours plus ou moins rude, on devra donc la limer avant de s'en servir; quelquefois, lorsque la plaque est mince, on soude sur sa face postérieure une seconde plaque en étain ou en fer pour la rendre plus solide; mais cette précaution n'est pas sans inconvénients à cause de la dilatation inégale de ces métaux lorsque leur température s'élève. Cependant, par l'emploi de cette plaque additionnelle, on peut faire usage de cuivre à texture cristalline. Ce métal présente tant de dureté à cet état, qu'il doit probablement avoir plus de durée. La face antérieure de cette plaque, quelque polie qu'elle soit, est sujette à présenter un aspect un peu terne; on peut faire disparaître cette imperfection à l'instant, en frottant légèrement le métal avec du charbon. Pour expliquer la formation de cette couleur terne, il suffira de dire, que, si l'opérateur place un doigt sur une plaque polie, le cuivre qui se déposera sur elle présentera une copie de l'impression du doigt. J'ai vu, chose étonnante, une plaque montrer un dessin de chacune des lignes qui se trouvent à l'extrémité des doigts, et même les orifices des canaux perspirateurs.

264. Ceux qui ignorent l'art du graveur seraient étonnés de la foule de moyens employés par les artistes pour exécuter une gravure. Cependant, ces moyens peuvent être divisés en trois classes : dans la première viennent se ranger les dessins obtenus à l'aide d'instruments de différentes espèces, tel que le burin, etc.; dans la seconde, le dessin est produit en agissant

Digitized by Google

sur la plaque à l'aide d'acides capables d'attaquer le m
le trajet des lignes qui constituent la gravure; et d'
troisième procédé, une plaque est uniformément p
par un instrument qui la revêt d'une couleur parfa
noire; dans cet état elle est livrée au graveur. En bruni
plaque, on enlève toutes ses aspérités, et la partie ai
tée acquiert une teinte plus claire, en sorte qu'en ré
degré du brunissage on obtient les différents effets
et de l'obscur : c'est ce qu'on nomme le *mezzo-tinto*
mière noire. Ce procédé est moins coûteux que la grav
burin, et est maintenant très en vogue. M. Palmer est p
à copier avec la plus grande fidélité chacune de ces tro
tes de gravures, en sorte que l'électrotypie, comme on
peut s'appliquer à tous les cas où on juge convenable
ployer.

265. Ce n'est qu'au XIVe siècle qu'on a commencé
vir de planches gravées, dont l'usage est si répandu
jours. Par elles, on peut transmettre à la postérité et
dre dans le public des copies des chefs-d'œuvre de l'a
pétuer les traits et multiplier l'image des hommes illu
vertueux. Le vulgaire ne connaît guère que ces appl
de la gravure, mais elles ne constituent pas la dixièm
des usages des planches gravées. Les fabriques de pot
consomment une énorme quantité, car presque tous
vices de table, en faïence, et les autres ustensiles en te
çoivent les dessins qui les décorent, à l'aide de plan
cuivre. Voici comment on s'y prend : le dessin est pro
ment gravé dans le cuivre, et celui-ci est appliqué
feuille de papier mince, après l'avoir préalablement
d'une composition où entre l'arseniate de cobalt, au lie
cre ordinaire. Avant de vernir la pièce de faïence, une
par exemple, on y applique la feuille de papier pour fa
hérer le dessin; l'opération achevée, on enlève le papi
soin, puis l'assiette est vernie et livrée au commerce.

Les dessins les plus insignifiants sont gravés sur les pl
les saules et autres échantillons semblables sont fort m
cutés. Cependant notre faïence commune est un sujet
pour les étrangers, car, nulle part, si ce n'est en Aug
on n'a réussi à donner quelque perfection à la poterie
espèce. L'électrotypie promet d'améliorer encore nos fa
qui, aujourd'hui, sont sans rivales, car les dépenses que n
la gravure des planches de prix, sont telles que leur a

tion est fort restreinte, d'autant plus qu'une de ces planches ne peut fournir qu'un petit nombre de tirages. Aujourd'hui, une planche qui coûterait mille guinées, pourrait fournir, par le moyen de l'électrotypie, un grand nombre de copies, en sorte qu'il n'en coûterait pas plus d'avoir un service de table orné de grossières peintures bleues, ou décoré de copies des chefs-d'œuvre de l'art, et représentant les plus belles scènes de la nature, exécutées avec la plus grande perfection. Avant peu, j'aime à le croire, les ridicules ornements qui décorent nos faïences, seront remplacés par des peintures plus élégantes, mieux exécutées et de meilleur goût.

266. Les planches en cuivre gravées sont aussi employées dans les manufactures d'indiennes : ces planches, après avoir été gravées, sont roulées en cylindre, et leurs bords soudés ensemble par un moyen particulier; d'autres cylindres font pénétrer la teinture dans les traits de la gravure, quand l'étoffe qu'on veut imprimer passe sous le cylindre, qui est mu par une machine à vapeur; de cette manière on peut imprimer 20 à 30 mètres (60 à 90 pieds) de calicot en quelques minutes.

On pourrait copier ces planches en cuivre avant ou après les avoir courbées, en suivant les règles prescrites pour reproduire les plaques unies, et si le manufacturier le désirait, rien ne serait plus facile que de construire un cylindre sans soudure.

CHAPITRE IV.

DE LA REPRODUCTION DES PLANCHES EN ACIER.

Procédé pour obtenir une planche en cuivre à l'aide d'une planche en acier, 267. — Procédé de Perkins, 268. — Parallèle des deux méthodes, 269.

267. Les plaques en acier ne peuvent être copiées que par un procédé particulier, car on ne doit pas les placer dans du sulfate, du nitrate, ni de l'hydrochlorate de cuivre, attendu qu'elles seraient infailliblement détruites. J'insiste sur ce point, car, à ma connaissance, des plaques d'acier ont été anéanties par les dissolutions de ces sels. L'acétate de cuivre cristallisé n'est pas décomposé par l'acier ; cependant, lorsque le courant galvanique a duré quelque temps, il y a une certaine quantité d'acide mise en liberté, et qui peut attaquer l'acier; mais les plaques d'acier n'éprouvent aucune altération dans une dissolution alcaline d'ammoniure de cuivre, de sulfate ammoniacal ou de nitrate ammoniacal de la même base.

Google

On peut donc, à l'aide de ces sels, faire déposer le cuivre sur l'acier; mais je crains qu'on n'y trouve aucun avantage, attendu que le cuivre déposé sur l'acier est sujet à s'enlever par écailles : on doit donc recourir à une autre méthode pour obtenir une copie en relief d'une plaque en acier; on y parvient par l'emploi du plomb, de la cire, du plâtre ou de toute autre substance propre à donner une empreinte parfaite, et on se sert de cette dernière pour obtenir une plaque en cuivre.

268. Avant de terminer ce qui a rapport à la méthode par laquelle on parvient à obtenir une copie en cuivre, d'une planche de cuivre ou d'acier, il est bon de rappeler que les plaques métalliques peuvent être obtenues non-seulement par le fluide galvanique, mais encore par des moyens mécaniques. Cette dernière méthode est employée depuis quelques années, et a été imaginée par M. Perkins, qui a pris un brevet pour cette invention. Voici en peu de mots la description de son procédé : il commence par tracer une gravure sur une plaque d'acier doux qu'il trempe ensuite. A l'aide de la gravure en creux de l'original, il obtient une copie en relief sur un rouleau d'acier doux, en exerçant une pression considérable sur le rouleau à mesure qu'il tourne. Ce rouleau qui porte le dessin en relief est ensuite trempé, et peut alors servir à reporter le dessin, en très-peu de temps, sur un nombre plus ou moins considérable de planches; il suffit, dans ce cas, de placer la planche sous le rouleau, et de faire mouvoir ce dernier sous une pression énergique.

269. Les copies obtenues par le procédé de M. Perkins ne sont jamais aussi parfaites que l'original, en sorte qu'il est facile à un artiste de distinguer les unes des autres; ceci dépend des imperfections de la planche, qui exigent que cette dernière subisse des retouches. Ces imperfections sont telles que l'original et la copie ne sauraient être confondus. Il n'en est point ainsi des planches obtenues par le fluide galvanique, car telle est la ressemblance de la copie à l'original, qu'un artiste exercé ne saurait les distinguer l'une de l'autre; et même, chose singulière, la planche copiée donne une impression plus belle que celle obtenue à l'aide de la planche originale. Cette particularité ne tient point à une différence de teintes, elle dépend de l'artiste, et non pas de la planche. En effet, l'artiste peut donner à son travail plus ou moins d'ombre, suivant la quantité d'encre qu'il emploie. La supériorité de la copie

sur l'original doit, sans doute, être attribuée à la qualité supérieure du cuivre, qui donne une plus belle teinte à l'impression. Il est certain, en effet, que les planches électrotypiques l'emportent sur les autres.

CHAPITRE V.

DE LA REPRODUCTION DES PLANCHES GRAVÉES SUR BOIS.

Dessins exécutés sur les planches en bois, 270. — Procédé, 271. — Conclusion, 272.

270. Les peuples civilisés devraient être reconnaissants envers la gravure sur bois, car c'est elle qui a suggéré la première idée de l'imprimerie. Cet art mérite aujourd'hui une attention toute particulière, à cause de la perfection à laquelle il est parvenu. L'art du graveur sur bois est arrivé, en effet, à un si haut degré, que j'ai vu des échantillons qui, pour la délicatesse et le fini du dessin, pourraient rivaliser avec des gravures sur acier. On n'est pas obligé de renouveler souvent la planche dont la durée est presqu'indéfinie; car, si je suis bien informé, on a pu tirer jusqu'à 100,000 exemplaires d'une seule planche (1). Cependant rien ne serait plus facile que de tirer une copie en cuivre d'une planche gravée sur bois. Cette dernière est l'inverse des planches en cuivre : celles-ci fournissent l'impression au moyen de l'encre qu'on introduit dans les traits creux du dessin, tandis que, dans la gravure sur bois, c'est le trait qui se trouve en saillie.

271. On peut obtenir une copie en creux d'une planche de bois gravée, en ayant soin de revêtir cette dernière d'une couche de mine de plomb, et de couvrir sa face postérieure et ses bords avec de la cire ou de la graisse, pour empêcher le bois d'absorber une partie de la dissolution (2). Le reste du procédé (c'est même celui qu'on doit préférer pour reproduire les planches en bois) est semblable sous tous les rapports à celui qu'on suit pour faire les copies des planches en cuivre. Lorsque

(1) 270. Nous pensons qu'on a beaucoup exagéré à M. Smee le nombre d'exemplaires dont le tirage est possible au moyen de la même planche gravée sur bois. Mais on peut obtenir un nombre encore plus grand d'exemplaires en faisant faire plusieurs clichés de la planche en bois par les moyens usités en stéréotypie.

(2) 271. Le bois est tellement hygrométrique, qu'on ne devra jamais se hasarder à plonger dans un liquide une planche gravée de cette matière. Il faut donc renoncer à la reproduction directe des gravures sur bois, reproduction qui serait du reste sans intérêt, puisqu'on obtiendrait ainsi une planche où les dessins seraient inverses de ce qu'ils doivent être. Mais on pourra très-utilement copier les planches sur bois, en les moulant d'abord avec du plâtre, de la cire, etc.

la première copie en cuivre est faite, on doit la copier à son tour, on aura alors un fac-simile en cuivre de la planche de bois.

On peut éviter l'embarras de préparer la première copie avec du cuivre, en tirant d'abord une copie en cire, en plâtre ou toute autre substance appropriée, de la planche de bois, et en procédant ensuite pour copier ces substances d'après les règles indiquées précédemment.

Au reste, il est probable qu'on n'aura guère recours à ce procédé pour reproduire les planches en bois gravées, car il est bien plus aisé d'en obtenir une excellente copie stéréotypée.

272. Jusqu'ici j'ai traité des différents cas dans lesquels l'électro-métallurgie peut être appelée à rendre des services aux différentes branches de l'art d'imprimer. A mon avis, le terme *Electrotypie* doit être borné à ces applications ; en effet, quoique la valeur de ce mot ne puisse, dans ces cas, présenter rien d'équivoque, cependant, en l'employant pour désigner des opérations différentes, on courrait le risque de tomber dans la confusion. L'électrotypie n'est qu'une branche de l'électro-métallurgie ; mais son importance s'accroît par les services qu'elle peut rendre à nos manufactures ; c'est même la première application qu'on ait faite en grand du fluide électrique pour les besoins des manufactures de la Grande-Bretagne.

CHAPITRE VI.

DE LA REPRODUCTION DU DAGUERRÉOTYPE.

Importance de l'électrotypie pour la daguerréotypie, 273. — Procédé pour reproduire le daguerréotype, 274.

273. Les journaux ont rendu compte des différents procédés imaginés pour reproduire l'image du daguerréotype sur le cuivre. Cependant je crains qu'on ait exagéré le résultat de ces tentatives (1). Je n'ai que peu de choses à dire sur ce sujet, n'ayant eu l'occasion d'examiner que deux plaques reproduites de cette manière. Sur une des copies en cuivre, l'image était peu distincte, et ne devint visible qu'après avoir été exposée aux rayons du soleil. La plaque originale ne conservait aucune

(1) On verra dans le *Traité de Daguerréotypie* plusieurs procédés pour obtenir des reproductions de planches daguerriennes avec une admirable perfection, et sans altérer l'original.

trace de l'image qui, sur elle, ainsi que sur la copie, ne pouvait être vne qu'après avoir été exposée au soleil. On ne put pas faire revenir l'image sur la plaque originale, mais celle-ci n'ayant subi aucune altération, aurait pu servir encore. La seconde plaque de cuivre était une copie d'une planche représentant le château de Dovor, et exécutée par le docteur Simon; celui-ci m'apprit aussi que l'image n'avait point reparu depuis un certain laps de temps. Sur la copie, l'image est plus pâle que sur l'original; cette pâleur est augmentée par le miroitement du métal, qui est aussi prononcé dans les parties où existe le dessin, que dans celles où il n'y en a pas. Le docteur Simon m'a assuré que l'image, quand on parvient à la rendre visible, peut être frottée sans inconvénient, mais qu'un grand nombre de plaques obtenues en faisant déposer du cuivre sur l'original, ne présentaient pas à leur surface la moindre trace de l'image. Dans un de ces cas, l'image fut transportée d'une plaque sur une autre, et non pas reproduite, attendu que le dessin que représentait une plaque d'argent, fut reporté sur le cuivre réduit, tandis que la plaque d'argent resta polie et privée d'image. Dans un autre cas, la plaque originale conserva l'image, mais elle était à peine visible.

274. Le procédé pour reproduire le daguerréotype est semblable, à tous égards, à celui qu'on emploie pour obtenir des plaques unies. Le docteur Simon a employé, dans ce but, l'appareil à une seule cellule, mais je crois que la batterie est préférable. La couche d'air qui revêt la plaque, et que nous avons déjà signalée, doit être l'objet d'une attention toute particulière, quand il s'agit du daguerréotype.

J'ai vivement regretté de n'avoir pu faire des expériences sur la découverte de M. Daguerre; car, ayant remis jusqu'à la fin de l'année pour m'occuper de ce sujet, le soleil ne présentait plus assez de force pour permettre d'obtenir des plaques photogéniques. Il est bon de rappeler ici que, malgré la généreuse récompense que la France a accordée à M. Daguerre pour sa découverte, dont toutes les nations auraient dû profiter, l'auteur a pris un brevet en Angleterre, en sorte qu'on ne peut, sans autorisation, employer le procédé photogénique.

LIVRE VI.

DE LA GRAVURE GALVANIQUE.

Action sur le pôle positif, 275. — Gravure à l'eau-forte, 276. — Défauts du mordant, 277. — Gravure par le galvanisme, 278. — Conditions propres à activer l'opération, 279. — Avantages que présente la reproduction des gravures à l'eau-forte par le galvanisme, 280. — Gradation des teintes, 281. — Remarques générales, 282. — Conclusion de l'ouvrage.

275. Toutes les opérations dont nous nous sommes entretenus jusqu'ici sont produites au pôle négatif de la batterie, mais certains effets peuvent avoir également lieu au pôle positif, et l'on peut encore tirer parti de ces effets dans les arts. On se souvient que l'argent et tous les métaux qui ont plus d'affinité que lui pour l'oxygène sont dissous, quand ils servent de pôle positif, dans une cellule qui contient une dissolution du même métal. Dans ce cas, la distance maintenue entre les pôles positif et négatif influe sur le degré de force de la dissolution qui se forme. On peut démontrer facilement ce fait, en fixant un fil métallique, par une de ses extrémités, à la plaque d'argent d'une batterie, et en plongeant l'autre extrémité dans une dissolution de sulfate de cuivre, au fond de laquelle on met un fragment de cuivre qu'on fait communiquer avec le zinc de la batterie; au bout d'un court espace de temps, le fil commencera à se dissoudre, à partir de sa portion la plus rapprochée du métal négatif; ce phénomène se continuera jusqu'à ce que le fil soit entièrement dissous, de telle sorte que la partie la plus rapprochée du pôle négatif s'effilera en pointe, et prendra la forme d'un cône sous l'influence des différents degrés de l'action qui se produit.

276. Quoique cette propriété ne présente aucune application utile, cependant je l'ai signalée afin de montrer la facilité avec laquelle le cuivre est dissous, exactement en proportion du courant électrique qui passe, particularité d'une grande importance pour les graveurs à l'eau-forte. Le mot gravure à

l'eau-forte s'applique aux gravures où les traits ne sont pas produits par le burin, mais sont obtenus par l'action d'un acide. Ponr graver à l'eau-forte, on revêt une plaque de cuivre d'une substance qui la protège en certains endroits contre l'action de l'acide où elle est plongée : cette substance se compose d'une couche d'asphalte et de cire, en proportions égales, qu'on mêle avec le quart de poix noire et de poix de Bourgogne ; ce mélange est mis dans un morceau de soie qu'on frotte sur la plaque de cuivre maintenue à une douce chaleur en la présentant au-dessus de la flamme d'une lampe on sur un réchaud ; c'est ce qu'on nomme mettre la couche. Cette couche est d'abord incolore, mais on la noircit en la tenant au-dessus de la flamme d'une chandelle, et on la chauffe jusqu'à ce qu'elle présente une quantité suffisante de fumée. Alors, le gravenr, à l'aide d'un instrnment en forme d'aiguille, exécute un dessin dont les traits entament la couche et laissent le métal à nu. Il met ensuite la plaque dans un vaisseau plat, et verse dessus de l'acide nitrique étendu, afin que cet acide attaque le métal jusqu'à une suffisante profondenr, dans les endroits où les traits du dessin ont été pratiqués. On ne doit pas laisser la plaque dans l'acide assez longtemps pour que ce dernier attaque trop profondément les traits, ce qui donnerait à la gravure une couleur noire uniforme ; mais après l'avoir laissée séjourner quelque temps dans l'acide, on recouvre les parties qui doivent être légèrement ombrées, avec du noir de Brunswick, on avec un vernis capable de résister à l'action de l'acide ; on replace alors la plaque dans l'acide étendu, et quelque temps après on l'en retire de nouveau pour recouvrir d'autres traits avec la même préparation ; on répète cette manœuvre aussi souvent que l'exige la différence d'ombres qu'on veut obtenir. Le degré d'habileté qu'un gravenr peut atteindre par la pratique est vraiment extraordinaire, si l'on considère l'incertitude qui accompagne son travail ; car l'action de l'acide nitrique n'est point soumise à des lois régulières, et en outre n'est jamais identique sur tous les points de la même plaque ; ce qui est dû à ce que la plaque de cuivre n'est jamais pure, mais contient toujours nn peu d'étain, dont les particules sont dispersées çà et là, et qui résistent à l'action de l'acide, en sorte qu'après avoir préparé une planche de prix, il reste souvent quelques-unes de ses parties sur lesquelles l'acide n'a pas mordu et qu'on est obligé de terminer avec le burin.

277. Les graveurs ne peuvent expliquer ces imperfections; cependant la chimie démontre que l'acide nitrique attaque le cuivre pour former un nitrate de ce métal, qui se dissout dans le liquide, tandis que l'action de l'acide nitrique sur l'étain est tout-à-fait différente; l'eau forte transforme ce métal en peroxyde, qui, n'étant pas soluble, met le cuivre à l'abri de l'action de l'acide. Les graveurs, en effet, ont depuis longtemps remarqué à la surface de la plaque une poudre blanche qui n'est autre chose que du peroxyde d'étaiu, si fatal au succès de leurs travaux.

278. La galvano-gravure est accompagnée de beaucoup plus de certitude dans ses résultats que la méthode précédente, puisqu'elle peut être ramenée à des principes bien étudiés et bieu connus. Le dessin est exécuté sur la planche, après l'avoir recouverte de la couche signalée plus haut; cela fait, la face postérieure et les bords de la plaque sont revêtus de cire, et on fait communiquer la plaque avec l'élément d'argent d'une ou deux de mes batteries, à l'aide d'un fil métallique. On doit alors mettre le zinc en rapport avec un morceau de cuivre de la même dimension que la plaque : tout étant ainsi disposé, la plaque de cuivre et le morceau de zinc doivent être mis dans la dissolution de sulfate de cuivre. Le cuivre de la dissolution se déposera alors immédiatement sur la plaque négative, et la plaque à graver se dissoudra dans les points où les traits ont été dessinés, afin de maintenir la force de la dissolution.

Toute circonstance favorable à l'augmentation du courant électrique accélère la dissolution du cuivre, et, au contraire, tout ce qui le diminue retarde cette dissolution; en sorte que plus on rapproche la plaque à graver, qui forme le pôle positif, du fragment de cuivre qui forme le pôle négatif, et plus l'action est rapide : de même, l'intensité de la batterie influe sur la profondeur à laquelle les traits du dessin sont creusés. Cependant la plaque négative du cuivre ne doit pas excéder le volume de celle sur laquelle on exécute la gravure; sans cela, il serait à craindre que quelques traits fussent plus profondément creusés que d'autres; et de même aussi, s'il y a quelques parties de la planche où les traits soient moins nombreux que dans d'autres, elles devront être abritées du contact de l'acide, avant les autres, à l'aide du vernis, afin d'obtenir de l'uniformité dans les creux; ou bien, la plaque négative qui se trouve en regard des parties qu'on

veut ménager doit être recourbée, de manière à en être plus éloignée (1).

279. Les avantages de la galvano-gravure sont : 1° l'absence des exhalaisons nitreuses qui se dégagent dans le procédé ordinaire ; 2° une plus grande uniformité d'action que quand on emploie les acides ; 3° la rapidité avec laquelle on peut obtenir des creux d'une grande perfection ; 4° on peut donner à ces creux n'importe quelle profondeur ; 5° les traits sont plus nets et mieux tracés que par le procédé ordinaire ; 6° et enfin aucune bulle de gaz ne se dégage, tandis que, par le procédé ordinaire, ces bulles endommagent la couche qui revêt le métal et produisent une inégalité d'action de l'acide sur le métal.

280. On peut connaître la quantité exacte de cuivre qui est dissoute aux dépens de la plaque, en pesant le métal réduit qui s'est déposé sur la feuille de cuivre, qui forme le pôle négatif, ou bien en mesurant la quantité d'hydrogène qui se dégage de la plaque d'argent d'une des batteries d'argent platiné, car il y aura 20 décigrammes 62 milligrammes (37 grains) de cuivre dissous pour chaque 952 centimètres 146 millimètres cubes (48 pouces cubes) de gaz dégagé.

La galvano-gravure peut être exécutée avec plus ou moins de promptitude, suivant les séries de batteries auxquelles la planche est soumise ; mais les praticiens seront probablement d'avis que l'opération ne doit être faite ni avec trop de lenteur, ni avec trop de rapidité, et que deux ou trois batteries disposées en série sont très-convenables, quoique l'appareil à une seule cellule puisse suffire.

281. La galvano-gravure sera d'une haute utilité pour les artistes, à cause des gradations d'ombre qu'elle permet d'obtenir, comme dans le cas où on voudrait représenter un intérieur éclairé par une forte lumière. On peut s'en faire une idée à l'aide de l'expérience suivante : on prend une plaque de cuivre, et, après l'avoir recouverte de la préparation que j'ai déjà indiquée N° 276, on y trace un certain nombre de lignes à l'aide d'une machine à tracer, puis la plaque est revêtue, sur sa face postérieure et sur ses bords, d'une substance non conductrice ; on la fait communiquer avec l'argent

(1) 278. Plusieurs auteurs se sont occupés avec succès de la gravure galvanique ; nous citerons entre autres le procédé de gravure sur acier par voie galvanique de M. Spencer, celui du professeur de Kobell, pour reproduire la gravure au lavis. On les trouvera plus loin.

de la batterie, et on réunit au zinc un fragment de cuivre de même dimension que la plaque à graver; ces deux derniers métaux doivent être disposés dans la dissolution de sulfate de cuivre, de telle sorte qu'ils soient presque en contact par une de leurs extrémités, tandis que les deux autres extrémités se trouvent éloignées l'une de l'autre; par cette disposition, une grande quantité d'électricité passera par l'extrémité de la plaque qui se trouve presque en contact avec le pôle négatif, tandis qu'une fort petite quantité de fluide électrique se dirigera à l'extrémité opposée : l'action qui a lieu sur la plaque à graver étant exactement proportionnelle à la quantité d'électricité produite, n'est point égale sur toute la longueur de la plaque, car elle est plus grande (l'action) dans les points où les plaques sont le plus rapprochées, que dans ceux où elles s'éloignent; c'est là le procédé le plus parfait pour obtenir une gradation d'ombre. On peut le varier en employant comme pôle négatif un fil ou une verge en cuivre, qu'on place en regard du centre d'une plaque préparée; dans ce cas, on obtiendra une gradation parfaite, qui s'étendra dans toutes les directions, à partir du centre, qui est d'une teinte noire foncée. On peut obtenir aussi de la même manière deux ou plusieurs ombres radiées, en employant deux fils négatifs, et même davantage. On pourrait également obtenir une dégradation insensible de teintes, dont la partie la plus obscure se trouverait vers les bords, et la partie la plus éclairée vers le centre de la planche : il suffirait, pour cela, de faire un trou dans la plaque négative de cuivre, vis-à-vis de la partie de la planche où la transition à la lumière doit être obtenue.

282. Le graveur de profession, qui joindra la pratique à la théorie dans l'emploi de la galvano-gravure, obtiendra les plus beaux résultats; il pourra exécuter, avec autant de certitude que de facilité, d'admirables gradations du clair à l'obscur. Les avantages que présente la galvano-gravure ne seront point bornés exclusivement aux artistes, car l'acide nitrique n'étant point employé dans le nouveau procédé, il n'y a pas d'exhalaisons de ce gaz nitreux, si nuisible à ceux qui le respirent; cette circonstance pourra engager un grand nombre de personnes à s'en occuper. Ceux qui se livrent à l'étude des sciences pourront alors se procurer une gravure représentant des objets rares ou curieux qu'ils pourront échanger entre eux. Les voyageurs qui parcourent des contrées étrangères, ou qui traversent des sites pittoresques, pourront

donner à leurs amis une idée de la beauté et du grandiose des vues dont ils jouissent, et de l'aspect des villes et des villages qu'ils parcourent; il y aurait ainsi un échange réciproque de gravures, profitable à tous. Les descriptions qui frappent la vue sont incontestablement supérieures à celles qu'on trace par la parole ; chacun trouverait donc dans la galvano-gravure une ample carrière pour déployer utilement son habileté, car il n'est pas plus difficile d'obtenir une gravure à l'aide du galvanisme, que d'exécuter un dessin ordinaire au crayon, chose que beaucoup de gens ne pourraient pas croire. Les dames peuvent facilement se livrer à cette occupation dans leurs salons, car la galvano-gravure ne cause pas plus d'embarras que leurs travaux habituels. Il serait alors nécessaire de faire mettre la couche sur la plaque par un ouvrier, qui appliquerait ensuite le mordant quand le dessin aurait été tracé : on avait objecté que l'acide pourrait endommager les meubles et les vêtements, mais cette objection n'existe plus, et je me plais à croire que cet art utile et amusant ne tardera pas à compter de nombreux partisans.

CONCLUSION.

Jusqu'ici, j'ai examiné sommairement, non-seulement les propriétés des corps qu'on nomme galvaniques, mais encore les effets que produisent les batteries galvaniques dans leurs rapports avec l'électro-métallurgie. Cette science, en effet, est essentiellement fondée sur le galvanisme, et l'appareil à précipités employé n'est autre chose que la cellule d'une pile. Quant aux lois qui président à la formation du dépôt métallique, et quant aux métaux qui peuvent être réduits sous l'influence du courant, je dois dire que tout cela est le résultat de mes recherches. On comprendra l'importance de ces lois pour l'expérimentateur, quand on saura que leur connaissance lui permet de procéder avec certitude. La raison qui m'a fait consacrer tant de travail et de méditations pour découvrir ces lois, a eu sa source dans la conviction où j'étais que l'électrotypie serait tombée, si l'expérimentateur n'avait point eu pour guides des principes fixes et arrêtés. Les hommes adonnés aux travaux de l'électro-métallurgie apprécieront, j'aime à le croire, l'utilité que présente l'extension apportée aux faits isolés déjà connus, et qui en fait une véritable science.

On ne saurait prévoir l'influence que cette nouvelle science exercera sur les arts, les manufactures et le commerce. L'em-

ploi général du galvanisme dans les manufactures exige des encouragements, et les perfectionnements apportés à l'électro-métallurgie ne doivent pas être enchaînés par des brevets, si on veut favoriser sa propagation; car il est nécessaire que, dans cette œuvre commune, chacun apporte son tribut d'investigations et de découvertes, pour que cette science arrive à des résultats certains et durables.

La reproduction des planches de cuivre en rendra le débit plus considérable qu'il n'a été jusqu'ici, et l'industrie des graveurs, loin d'en souffrir, en deviendra plus prospère, car on aura plus souvent recours à leurs talents pour exécuter des ouvrages de prix. Ces ouvrages pouvant être reproduits à l'infini, les éditeurs trouveront dans un vaste débit une compensation au prix élevé dont ils paieront un original qu'ils jugeront digne de fixer l'attention du public. En outre, les éditeurs pourront abaisser le prix des gravures représentant les plus beaux chefs-d'œuvre de l'art, de manière à les mettre à la portée de toutes les bourses. Il est incontestable que celui qui exploiterait une entreprise fondée sur des principes aussi larges, amasserait une grande fortune, et rendrait un grand service à la société.

La reproduction de ces plaques est d'une importance encore plus grande pour les fabricants de poterie, qui pourront perfectionner les dessins de nos faïences; alors les étrangers seront jaloux de ces produits de notre pays, qu'ils regardent déjà d'un œil envieux.

Les imprimeurs sur étoffes pourront employer désormais dans leur préparation des gravures plus parfaites.

Cette science trouve des applications beaucoup plus nombreuses que celles que j'ai signalées; ainsi, elle fournit les moyens de souder le cuivre au cuivre, et de se livrer à d'autres opérations analogues, qui ne pourraient être faites par d'autres procédés : comme la possibilité de séparer un métal de son minerai ou d'un autre métal auquel il est uni. Ce sujet est si vaste, que si je l'avais traité, la publication de ce livre aurait été retardée d'une année; il m'a semblé préférable de ne pas différer plus longtemps cette publication, en considérant l'avantage que le public peut retirer par la connaissance des lois que j'ai découvertes.

Quelques-unes des applications de l'électro-métallurgie pourront paraître de peu d'importance aux yeux de quelques personnes, attendu qu'elles ne sont mises à contribution que

pour se procurer des objets d'ornements propres à flatter les yeux; mais qu'on n'oublie pas que si les gens du monde se livrent à la fabrication de ces bagatelles, ils pourront contribuer à éclairer les effets d'un des agents les plus universels et les plus importants de la nature; et que si les manufacturiers s'occupent à ce genre de travaux, l'emploi des piles deviendra général, ces dernières étant appelées à occuper un rang éminent dans les manufactures.

Il est vrai que l'électro-métallurgie offre de grandes ressources à la fraude, car les faussaires peuvent, en faisant usage de cette méthode, copier avec une scrupuleuse exactitude le timbre et toutes les surfaces en relief; en conséquence, on ne doit faire usage d'aucun travail en relief qui puisse faire craindre la contrefaçon; car, à l'aide de l'électro-métallurgie, les cachets et les planches en cuivre peuvent être copiés lors même qu'ils ne resteraient que quelques instants entre les mains du contrefacteur. Elle fournit aussi au faux monnoyeur les moyens de perfectionner sa coupable industrie. Je signale ces faits pour mettre les honnêtes gens en garde contre les entreprises de ces misérables.

Cependant la science ne doit pas être entravée dans sa marche, parce que quelques-unes de ses applications peuvent être faites d'une manière criminelle. On doit d'ailleurs se souvenir que les objets imités par l'électro-métallurgiste peuvent l'être également par les procédés connus. Notre compatriote, l'illustre Wollaston, disait souvent que : « l'homme peut copier tout ce qu'il exécute! » Il serait donc absurde, en effet, de prétendre que telle ou telle œuvre ne saurait être imitée.

L'importance de l'électro-métallurgie pour les arts et les manufactures ne peut être contestée, même dans l'état actuel de cette science. On ne peut désormais élever de doutes sur les applications pratiques de cette science, car j'ai longuement énuméré les résultats qu'on peut en retirer; j'ai donné, en outre, d'amples descriptions des différents procédés qu'on doit suivre pour obtenir, avec certitude, tels ou tels effets; enfin, j'ai coordonné les faits de manière à en former un corps de système; et, en signalant les lois qui président aux opérations électro-métallurgiques, j'en ai formé une science vaste et intelligible. On peut se demander jusqu'à quelle limite cette science est susceptible d'être portée, et quelles seront, dans l'avenir, ses autres applications; mais, ne dût-elle se recommander que par celles que j'ai signalées, dût-elle, enfin,

s'arrêter au point où elle se trouve aujourd'hui, ce serait déjà une conquête de la plus haute importance; en un mot, on peut dire hardiment qu'aucune autre découverte n'a présenté des applications tout à la fois si nombreuses, si importantes, et d'un si grand intérêt.

Cette science, nous l'avons dit, repose entièrement sur l'électricité, et parmi les résultats qui, il faut l'espérer, en découleront d'une manière indirecte, on peut citer l'étude de l'électricité en général, puissance gigantesque que nous connaissons d'une manière incomplète, et qui, d'après le peu que nous en savons, joue un rôle si important dans la nature; car, quoique nous apercevions les effets de ce fluide dans la foudre, et que nous contemplions avec étonnement et effroi sa force dévastatrice, cependant, que savons-nous aujourd'hui des effets qu'il produit autour de nous en agissant sans cesse et silencieusement?

La science des phénomènes électriques est une des preuves les plus sublimes de la puissance de l'intelligence humaine; par elle, l'homme a soumis à son joug un agent capable de produire des effets terribles. « *Nil mortalibus arduum est.* » Rien n'est difficile à l'homme, dit Horace en parlant de Prométhée, qui, d'après la fable, déroba le feu du ciel. La science moderne a justifié maintes fois la sentence du poète latin; qui ne prévoyait probablement pas, quand il écrivit ce passage, que la fable de Prométhée se réaliserait un jour.

Nous recommandons particulièrement aux jeunes chimistes l'étude de cette science, qui les récompensera amplement de leurs travaux, s'ils s'y livrent d'une manière systématique; car les fruits de ces travaux seront durables, et leur causeront plus tard une véritable jouissance; tandis que la chimie, dont on ne s'occupe souvent que comme moyen de délassement, produit des résultats bien différents. Les expériences auxquelles on se livre alors ne tendent et n'aboutissent qu'au plaisir du moment. Elles ne font que confirmer des faits vérifiés mille fois déjà de la même manière; on en choisit ordinairement quelques-unes qu'on répète souvent, parce qu'elles présentent certaines particularités qui sont propres à exciter l'étonnement des spectateurs, et à donner une haute opinion de la science de l'expérimentateur. En agissant ainsi, ce qui n'est que trop ordinaire, la manipulation ne produit aucun fruit; l'expérimentateur n'augmente pas la somme de ses connaissances; et, pour prix de son travail et de ses déboursés,

il ne retire que quelques résidus, et il est souvent dans l'obligation de réparer les avaries que ses ustensiles ont éprouvées, réparation qui n'est pas toujours facile. Je n'hésite pas à dire que l'électro-métallurgie procurera une plus grande somme de jouissances, non-seulement comme travail scientifique, mais encore dans les résultats qui en découleront.

Pour conclure, je ne saurais trop rappeler au lecteur l'avantage qu'il trouvera à se bien pénétrer des principes sur lesquels est fondée l'électro-métallurgie, et des lois qui en régissent les opérations. En se hâtant, de prime abord, de mettre les différents procédés à exécution, sans connaître ces principes et ces lois, on n'aura que des insuccès et leurs conséquences naturelles, c'est-à-dire le dégoût et le désappointement. En effet, employer un procédé sans en connaître *le pourquoi*, c'est s'exposer à agir maladroitement et à gâter son ouvrage, en sorte qu'une expérience succède à une autre, et que l'on tombe d'insuccès en insuccès. On épuise en vain ses matériaux, et l'élève, s'il est permis de lui donner ce nom, abandonne avec dégoût l'étude d'une science qui lui a procuré si peu d'agrément, et il attribue l'incertitude de ses résultats à toute autre cause qu'à sa paresse et à son ignorance. Si, au contraire, il procède avec méthode et avec logique, en s'initiant à la nature et au *modus operandi*, ou manière d'agir, des substances qu'il doit mettre en œuvre, il est impossible qu'il échoue. En se livrant à cette étude préparatoire, toutes les particularités qui se présenteront pourront être ramenées à leur véritable source, et le remède pourra être opposé immédiatement au mal. Ceux qui ne savent pas ce que sont les appareils électriques et galvaniques, éprouveront quelques difficultés en commençant l'étude qui nous occupe; mais s'ils procèdent d'abord d'après une sage méthode, les premiers obstacles qu'ils rencontreront seront les derniers. Qu'ils se souviennent que sans quelque peine on n'a jamais rien accompli de bien!

Avant peu, le fluide galvanique sera probablement aussi important pour les manufactures, que la chaleur des fourneaux. Aujourd'hui, les portes des appartements sont ornées de plaques de métal richement exécutées à l'aide du galvanisme. On peut suspendre aux murs des gravures obtenues à l'aide de planches gravées par le même agent, et reproduites aussi par lui. Les chambranles des cheminées peuvent être garnis d'ornements obtenus de la même manière. Les assiet-

tes peuvent être ornées de gravures exécutées à l'aide de plaques électrotypiques, et les cuillers dorées par le fluide galvanique. Dès à présent on peut jouir de toutes ces applications et de beaucoup d'autres encore; mais on doit surtout s'occuper des propriétés les plus importantes du fluide galvanique obtenu à l'aide de la pile; car, quoique les conquêtes de la science qui sont signalées dans le cours de cet ouvrage, soient belles et glorieuses, cependant, l'espoir d'obtenir une puissance qui surpassera la vapeur, l'emporte sur toutes ces applications : lorsqu'on aura réussi à traverser les mers, à parcourir les routes et à fabriquer les machines à l'aide du galvanisme, ou plutôt de l'électro-magnétisme, on sera parvenu au plus beau résultat qu'il soit donné à l'homme d'atteindre.

APPENDICE.

Depuis l'apparition en Angleterre de l'ouvrage de M. Smee, et depuis la publication de la traduction que nous en avons donnée en 1843, l'électro-métallurgie n'est pas demeurée stationnaire : elle s'est enrichie successivement de nouveaux faits, et chaque jour ses applications s'étendent à de nouvelles branches d'industrie. Pour tenir nos lecteurs au courant des progrès de la science, nous avons compulsé avec soin tous les recueils scientifiques étrangers ou français, particulièrement *le Technologiste* (1), et nous en avons extrait tous les documents qui nous ont paru présenter le plus d'intérêt. Nous les publions dans cet appendice qui servira de complément au manuel de M. Smee.

Cet appendice est divisé en deux parties : la première contient tout ce qui se rattache à la théorie de l'électro-métallurgie, aux piles galvaniques, aux différentes manières d'opérer ; la seconde est consacrée aux applications industrielles du nouvel art, telles que la dorure, l'argenture, la gravure, et l'application des couleurs métalliques, cette admirable découverte que l'on doit aux travaux persévérants de M. Becquerel.

(1) *Le Technologiste*, ou *Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère*, publié par une société de savants et de praticiens, sous la direction de M. Malepeyre. Ouvrage utile aux manufacturiers, aux fabricants, aux chefs d'ateliers, aux ingénieurs, aux mécaniciens, aux artistes, etc., etc., et à toutes les personnes qui s'occupent d'arts industriels. Prix : 18 fr. par an pour Paris, et 21 fr. pour la province. — Chaque mois il paraît un cahier de 48 pages in-8, grand format, renfermant des figures en grande quantité, gravées sur bois et sur acier. Paris, à la *Librairie Encyclopédique de Roret*, rue Hautefeuille, 10 bis.

PREMIÈRE PARTIE.

DIVERS APPAREILS ÉLECTRO-MÉTALLURGIQUES ; — MOYENS DE LES CONSTRUIRE ET DE LES FAIRE FONCTIONNER. — PROCÉDÉS POUR OBTENIR DES MOULES ET POUR LES RENDRE CONDUCTEURS. — SOUDURES. — DÉCAPAGE. — BRONZAGE. — BAINS MÉTALLIQUES. — PROCÉDÉS DIVERS.

CHAPITRE PREMIER.

DES DIFFÉRENTES PILES GALVANIQUES.

Depuis la découverte de la galvanoplastie, un grand nombre d'appareils ont été inventés pour la réduction des métaux ; il faudrait un volume entier pour décrire toutes les modifications, toutes les dispositions plus ou moins ingénieuses, que chaque expérimentateur a apportées, suivant ses idées, aux piles galvaniques. Toutefois, malgré les formes si nombreuses et si variées de ces appareils, ils peuvent tous être classés sous deux grandes divisions : appareils simples, ou procédé immédiat, et appareils composés, ou procédé médiat.

La plupart de ceux qui appartiennent à la première catégorie sont établis sur le même principe que la pile de Daniell ; quant aux appareils composés, on en retrouve l'idée primitive dans l'une des piles de Daniell, de Grove ou de Smee.

Nous décrirons successivement les principaux appareils simples et composés ; nous entrerons dans quelques détails sur la manière de les construire soi-même, et nous indiquerons les usages auxquels certains de ces appareils nous paraissent plus spécialement appropriés.

ARTICLE Ier.

APPAREILS SIMPLES OU A EFFETS DIRECTS.

Dans ces appareils, le courant galvanique est transmis directement du zinc au modèle qu'il s'agit de recouvrir : ils se composent d'un seul couple voltaïque dont le moule, qui est l'élément négatif, plonge dans la dissolution du métal à réduire,

tandis que l'élément positif, qui est une lame de zinc amalgamé ou non amalgamé, plonge dans un diaphragme de nature poreuse, rempli d'eau acidulée. Ce diaphragme est placé lui-même dans la solution métallique dont il empêche le mélange avec le liquide excitant, et la communication entre les deux pôles est établie au moyen d'un simple fil métallique en contact avec chacun des éléments de la pile.

C'est sur ces principes que sont établis les différents appareils simples que nous allons passer en revue; leur construction ne présentera aucune difficulté, et ils devront être préférés toutes les fois qu'il s'agira de revêtir des objets d'une couche peu épaisse de métal réduit, parce que, dans ces cas, l'opération n'a pas besoin d'être aussi prompte ni aussi prolongée. C'est encore avec ces appareils que les commençants devront faire leurs premiers essais de réduction des métaux.

Toutefois nous devons signaler les inconvénients attachés à l'emploi des appareils à effet direct.

On reproche aux piles simples la lenteur de leur action, mais il sera facile de remédier, jusqu'à un certain point, à ce défaut, en employant des diaphragmes très-poreux (*voir* au chap. des *Diaphragmes* page 186) et en élevant la température de la solution métallique sur laquelle on opère. En second lieu, les appareils à simple cellule sont sujets à un affaiblissement graduel du courant galvanique; leur action, vive au premier abord, diminue progressivement d'intensité, et finit par être à peu près nulle en très-peu de temps. Cet effet tient à deux causes: l'eau acidulée que l'on emploie pour charger la pile perd à chaque instant de son énergie, à mesure qu'elle agit sur le zinc, et le zinc, de son côté, se recouvre d'une couche épaisse d'oxyde qui le rend de plus en plus inattaquable au liquide excitant. Il sera donc nécessaire de ranimer de temps en temps la force de l'eau acidulée, en versant quelques gouttes de nouvel acide dans le diaphragme, et la surface du zinc devra être souvent débarrassée, au moyen d'une brosse un peu rude, de l'oxyde brun qui la recouvre. On pourrait aussi amalgamer le zinc (*page* 188), mais alors la pile perdrait un peu de son énergie.

Un autre défaut des piles simples est la difficulté de maintenir toujours au même degré de saturation la solution métallique qui s'appauvrit peu à peu en métal à mesure que celui-ci se revivifie. On n'a pas ici, comme dans les appareils com-

posés, la ressource d'un anode soluble (*voyez* page 189), qui, en se dissolvant, remplace dans le bain le métal réduit. Il faut alors avoir recours à de petits sachets de mousseline remplis de cristaux du sel métallique sur lequel on opère, et qu'on tient suspendus à la partie supérieure de la dissolution; on peut encore y faire plonger l'extrémité à jour d'une petite trémie en verre ou en bois que l'on remplit des mêmes cristaux.

On a signalé, dans l'emploi des piles simples, un dernier inconvénient beaucoup plus grave, en ce qu'il n'est pas possible d'y remédier, puisqu'il tient à la construction même de ces sortes d'appareils. Nous avons dit que pour donner aux piles simples une certaine énergie d'action, il était nécessaire d'employer des diaphragmes très-poreux. Or, cette extrême porosité facilite l'endosmose ou mélange des deux liquides de la pile; la solution métallique traversant les parois du diaphragme pour aller se réduire sur le zinc, celui-ci se recouvre peu à peu d'une couche métallique et devient tout-à-fait inactif; d'autres fois le métal se réduit sur les parois du diaphragme lui-même, et il en résulte une grande perte causée par la réduction inutile d'un métal souvent précieux. Cet effet est surtout sensible lorsqu'on emploie des diaphragmes en baudruche ou en vessie. Nous verrons plus loin (*page* 156) l'expédient proposé par M. Becquerel pour parer à cet inconvénient; mais ce moyen est malheureusement insuffisant, puisqu'on ne peut y recourir sans ôter à la pile une portion de son énergie.

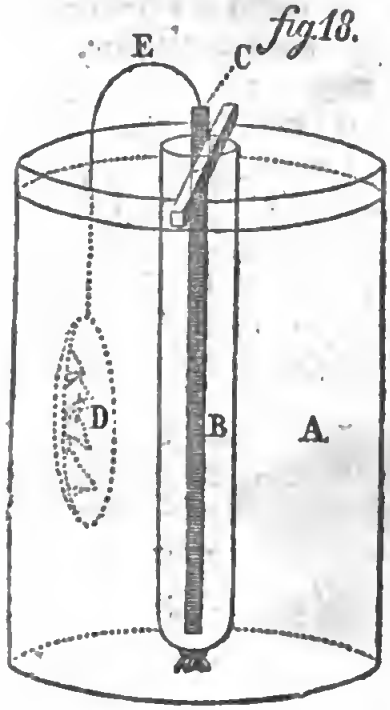
§ Ier. APPAREIL TRÈS-SIMPLE DE M. SOLLY.

Un des appareils les plus simples que l'on puisse employer est représenté dans la *fig.* 18.

Cette pile a été attribuée tour à tour à MM. Spencer et Solly, mais, selon nous, l'idée primitive de sa construction appartient à M. Aug. De la Rive. C'est en effet avec un appareil semblable que le savant professeur de Genève a fait ses premiers essais de dorure galvanique, qui, comme on sait, remontent aux premiers temps de la découverte de l'électrométallurgie.

A est un vase en verre ou en porcelaine, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre; B est un diaphragme en boyau de mouton ou autre membrane, dont on forme une espèce de sac en le liant par le bas avec un fil ciré ou une corde à boyau. Ce

diaphragme pourrait également être fait en plâtre, en terre poreuse, ou même avec un simple verre à quinquet dont on fermerait une des extrémités avec une membrane de vessie, de parchemin ou de baudruche, assujettie par quelques tours d'un fil ciré. Quelle que soit, au reste, la matière adoptée pour construire ce tube, on le maintiendra plongé verticalement dans la solution de cuivre, au moyen d'une petite traverse de bois dont les extrémités reposent sur les bords du vase A. Ce diaphragme sera rempli d'acide sulfurique étendu d'environ 12 fois son poids d'eau, et l'on y plongera la lame de zinc amalgamé C, également assujettie à la traverse de bois de manière à ce qu'elle ne touche pas au fond du tube. D est le moule ou modèle qu'il s'agit de recouvrir. E est un fil de cuivre qui sert à communiquer le courant galvanique, il est soudé par un des es bouts, au point C, à la lame de zinc, l'autre extrémité est fixée par un moyen quelconque au modèle D. On aura soin que ce fil conducteur soit en contact, au moins par un de ses points, avec la superficie du modèle à recouvrir.



On peut souder plusieurs fils conducteurs à la lame de zinc, et fixer un moule à chacun de ces fils, mais en ayant soin que la surface de ces moules ne soit pas hors de proportion avec celle du zinc et avec la force de la pile. Il faut éviter aussi de tomber dans l'excès contraire, car si la lame de zinc présentait une trop grande superficie, la réduction aurait lieu d'une manière irrégulière, et le dépôt serait cassant et d'une nature cristalline. (*Voir* M. SMEE, N°s 150 à 160.)

La construction de cette pile n'offre aucune difficulté, et il suffira de jeter un coup-d'œil sur la figure pour s'en rendre compte. Ce n'est en effet qu'une véritable pile de Daniell, dans laquelle le fil conducteur et le modèle jouent le rôle de pôle négatif. L'extrême simplicité de cet appareil doit le faire adopter par les commençants pour leurs premiers essais et

pour des expériences de courte durée, car il est plus que tout autre soumis aux inconvénients que nous avons signalés plus haut.

§ II. PILE SIMPLE DE M. BECQUEREL.

M. Becquerel, dont les savants et consciencieux travaux ont précédé et semblent même avoir préparé depuis longtemps la découverte de la galvanoplastie, a donné dans ses *Eléments d'Electro-Chimie*, chez Firmin Didot, Paris 1843, la description d'un appareil fort simple, dont il se sert surtout pour dorer. Nous allons faire connaître cette pile, aussi simple qu'ingénieuse dans sa construction.

On prend un sac de toile à voiles que l'on remplit à moitié, ou aux deux tiers, d'une pâte demi-liquide de kaolin ou d'argile ordinaire, privée de calcaire. On introduit dans ce sac un diaphragme à minces parois en porcelaine dégourdie, de manière à ce qu'il se trouve de toutes parts environné d'une couche d'argile de 1 à 2 centimètres (5 à 10 lignes). Il faut éviter que l'argile ne dépasse le bord supérieur du diaphragme. C'est dans ce tube que l'on verse la solution d'or ou de tout autre métal qu'on veut réduire. On y plonge également l'objet à dorer ou à recouvrir de métal. A cet objet est fixé un fil métallique conducteur dont l'autre extrémité est soudée à une virole de zinc qui entoure le sac de toile à voiles, à une distance de 2 à 3 centimètres (10 à 15 lignes). Ces dispositions faites, on plonge le tout dans un vase cylindrique de verre ou de faïence, rempli d'eau salée ou acidulée. Le courant galvanique s'établit immédiatement, et la réduction du métal s'opère au même instant.

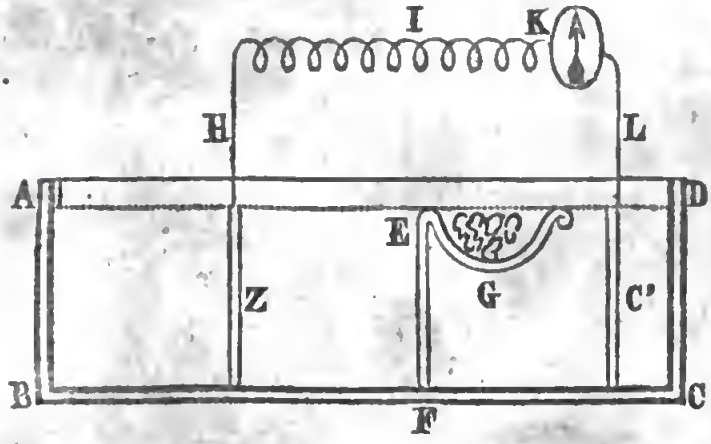
Ainsi qu'on vient de le voir, cette pile se rapproche beaucoup, par sa construction, de celle qui a été décrite au paragraphe précédent, mais elle en diffère sous un point essentiel. La couche d'argile qui revêt le diaphragme s'oppose pendant très-longtemps à l'endosmose; la pile peut donc fonctionner pendant une plus longue durée, ce qui la rend bien préférable à la précédente.

§ III. APPAREIL DE M. JACOBY.

Nous nous bornerons à une courte description de cet appareil, qui n'offre aucun avantage sur les précédents.

ABCD est une cuve en bois enduite à l'intérieur du ciment indiqué N° 119, *page* 53. EF, cloison de terre cuite poreuse; Z, plaque de zinc, plongeant dans l'acide sulfurique étendu d'eau;

fig. 19.



C', modèle que l'on veut recouvrir de cuivre ou autre métal. G, petit crible ou trémie, contenant des cristaux de sulfate de cuivre destinés à maintenir la saturation de la solution métallique contenue dans la case G. HIKL, fil conjonctif ou conducteur qui traverse le galvanomètre K. (*Voir*, pour la construction des galvanomètres, M. SMEE, Nos 68 à 70.)

§ IV. APPAREIL DE M. SPENCER.

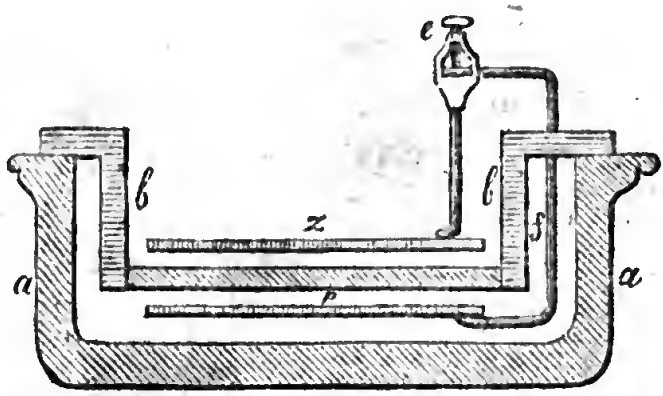
L'appareil de M. Spencer, que l'on a essayé de vendre à Paris sous le nom d'*électrotype breveté*, est assez commode lorsqu'on veut revêtir des objets d'une couche mince de cuivre, par exemple pour métalliser des médailles, bas-reliefs etc. Néanmoins, on a beaucoup trop vanté la prétendue supériorité de cet appareil, qui est sujet à tous les défauts des appareils simples : inconstance du courant, affaiblissement progressif de l'action, endosmose rapide, appauvrissement de la solution métallique. Nous verrons en outre que, par suite d'un vice de construction particulier à cette pile, on est obligé de plonger l'objet dans la solution métallique avant que le courant ne soit établi. Le même inconvénient se représente lorsqu'on veut retirer le moule de la solution pour consulter la marche de l'opération, ou pour toute autre cause. Ce défaut est très-grave, et peut entraîner la perte du modèle, surtout lorsque la solution est de nature à agir sur lui.

Ce n'est pas tout encore; la forme bizarre des différents vases qui entrent dans la construction de cette pile, les rend très-difficiles à remplacer lorsque, par accident, ils viennent à être brisés. Par la même raison, il est impossible qu'un amateur puisse songer à entreprendre la construction d'un

semblable appareil; nous ne sommes donc pas surpris que cette disposition ait été adoptée, vantée et exploitée par les gens à brevets.

Quoi qu'il en soit, voici une description de cette pile, qui en donnera une idée suffisante.

fig. 20.



a est un vase en terre cuite ou en verre, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre; *b* un autre vase de même matière avec un fond de plâtre, de terre poreuse, ou de vessie, qui renferme le liquide excitant; *p* est le modèle sur lequel on veut déposer le métal, il porte un fil de cuivre *f* qui le met en communication avec l'étrier et la vis *e* soudés eux-mêmes à la plaque de zinc *z* qui plonge dans la solution acide ou saline du vase *b*.

§ V. APPAREIL DU DOCTEUR FAU.

Le docteur Fau, dans son excellent traité de galvanoplastie, a décrit un appareil de son invention, dont il se sert surtout pour métalliser des statuettes; cet appareil nous paraît réunir toutes les qualités que peuvent désirer les amateurs, et la construction en est si facile, que chacun pourra l'exécuter lui-même. Nous croyons donc faire un véritable plaisir à nos lecteurs en leur donnant la description de cette pile d'après l'auteur lui-même.

« AA, vase circulaire de porcelaine, de verre ou de bois, revêtu du mastic dont j'ai donné la composition (1). DD, diaphragme en toile à voiles, de même forme que le vase, mais d'un moindre diamètre. ZZ, anneau de zinc, auquel est soudé un fil ou un ruban de cuivre G. C, plate-forme de cuivre supportant la statuette et communiquant avec le

(1) Voyez, *page* 53, la composition de cet enduit.

zinc, au moyen du conducteur F et de la pince de pression B. E, sachet contenant des cristaux de sulfate de cuivre et plongé dans la solution cuivreuse. »

« Lorsqu'on veut faire usage de cet appareil, on place le diaphragme, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans le vase de verre; on verse dans ce dernier assez d'eau salée pour que les deux liquides soient au même niveau. On réunit alors le support de la statuette au conducteur du zinc, à l'aide de la pince de pression, et on met le tout dans l'appareil, de manière que le zinc plonge dans l'eau salée, et la statuette dans le sulfate de cuivre; enfin, on place à la partie supérieure de ce dernier liquide, le petit sachet que l'on accroche au bord du vase extérieur. »

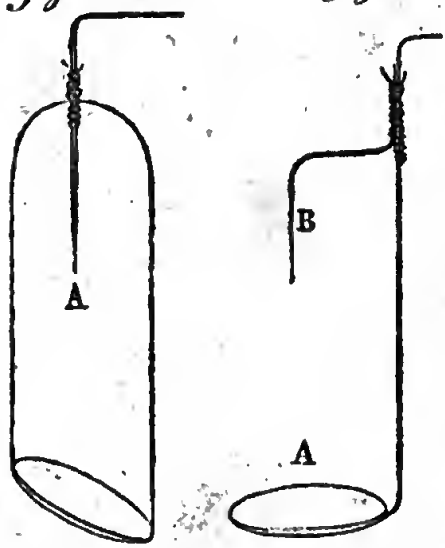
« Entre le diaphragme D et le vase A, doit exister un intervalle circulaire de 0^m 02. Le zinc, placé dans cet intervalle, ne doit pas toucher le diaphragme dont il est également distant dans tous les points de sa circonférence. Le diaphragme est proportionné aux dimensions de la statuette. La surface du zinc sera au moins égale à celle de l'objet qu'on veut recouvrir de cuivre; enfin, lorsque l'appareil sera monté, la statuette devra se trouver placée exactement au centre de l'anneau de zinc, et ne pas être trop éloignée des parois du diaphragme. »

« Les amateurs sont souvent embarrassés pour monter les statuettes sur le conducteur; voici le moyen que j'emploie, et qui me paraît préférable à tous les autres :

« Je soude un fil de cuivre C à un disque A, taillé sur la forme du piédestal de la statuette; l'extrémité de ce fil est courbée comme on le voit dans la fig. 25. J'enroule solidement sur ce conducteur un autre fil métallique B terminé en pointe, et, après avoir bien décapé toutes les parties du cuivre qui doivent être en contact, soit entre elles, soit avec la statuette, je pose cette dernière, préalablement préparée, sur le disque, et je fais descendre le fil B, jusqu'à ce que la pointe vienne se fixer légèrement dans le plâtre. Quand la statuette est trop lourde pour être maintenue par un seul conducteur, je me

sers de l'étrier A, *fig.* 24, que je soutiens avec une baguette de verre posée en travers et supportée par le bord du vase. »

fig. 24. *fig.* 25



« Si la pointe B a été fixée avec précaution dans le plâtre, le contact sera suffisant pour que le dépôt s'effectue; mais il sera toujours plus prudent de toucher le point de réunion, avec un pinceau imbibé de solution de nitrate d'argent.

» Lorsque tout a été disposé avec soin, le cuivre se précipite sur la statuette avec une telle rapidité, qu'on n'a en quelque sorte pas le temps de suivre le progrès de l'opération. Il faut avoir soin de vernir exactement les conducteurs et toutes les parties métalliques; car le cuivre s'y porterait plutôt que sur la statuette, surtout lorsqu'on a fait usage de plombagine pour la métalliser. »

§ VI. APPAREIL DE M. BEAU.

M. Beau a exécuté à l'aide d'un appareil simple, de son invention, de fort jolis travaux galvanoplastiques que nous avons été à même de voir et d'admirer. Il ne sera donc pas inutile de faire connaître cet appareil qui nous a paru produire de bons résultats (1).

R R R R, récipient en verre rempli de sulfate de cuivre dissous, et dans lequel plongent toutes les autres pièces de l'appareil.

P P P P, diaphragme en plâtre gâché très-serré, pour obvier autant que possible aux effets d'endosmose.

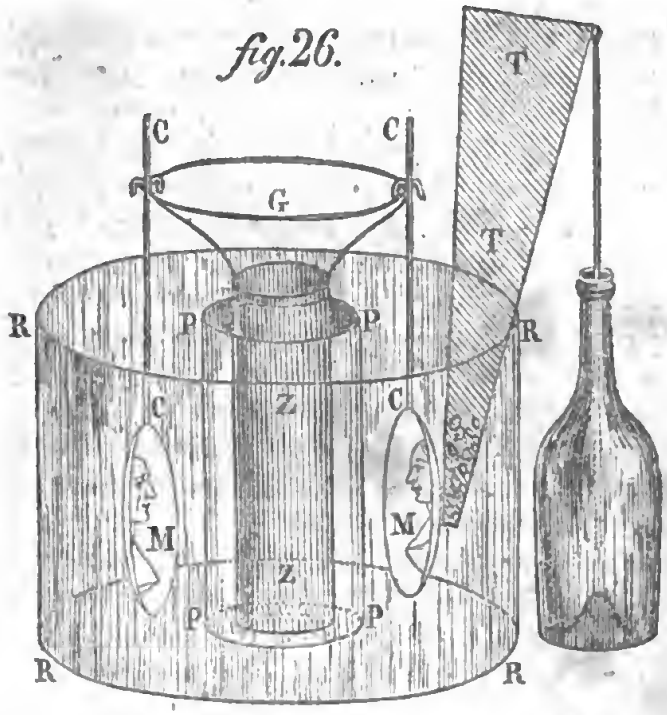
Z Z, tube en zinc amalgamé plongeant dans le diaphragme P.

G, galerie en fil de cuivre soudée à une douille ou virole qui s'adapte à frottement sur le tube de zinc.

C C, conducteurs en cuivre accrochés par une de leurs extrémités à la galerie, et fixés par l'autre bout aux moules de médailles M M qu'il s'agit de reproduire.

T T, trémie en bois percée de trous à son extrémité infé-

(1) On trouve cette pile chez l'inventeur, rue du Mail, No 30.



rieure. Elle est remplie de cristaux de sulfate de cuivre destinés à maintenir la saturation de la solution métallique.

La bouteille représentée dans la figure n'a pas d'autre destination que de supporter la trémie; elle peut être remplacée par tout autre objet analogue.

§ VII. PILE DE MM. LENZ ET JACOBY.

Dans les belles recherches sur l'électro-magnétisme, qu'on doit à MM. Lenz et Jacoby, recherches qui ont conduit ce dernier à la découverte de la galvanoplastie, ces habiles physiciens ont eu besoin d'établir des batteries à courant constant, et voici l'appareil auquel ils se sont définitivement arrêtés. ABCDEF (*fig.* 14, *Pl.* II) est une auge en bois soigneusement mastiquée à l'intérieur, et partagée en deux compartiments par un diaphragme *ab* en poterie. Chacun de ces compartiments porte un tube d'évacuation *cd*, uni à l'auge par un tube de caoutchouc. Sur les parois opposées de cette auge sont deux montants *ef*, sur lesquels est fixée à vis une tige ronde *gh*. Sur cette tige se trouvent deux curseurs *i* et *k*, qui peuvent glisser sur sa longueur et être fixés, en tel endroit qu'on désire, par une vis de pression. Ces deux curseurs sont liés par une vis micrométrique *l*, qui règle leur distance mutuelle; *m* et *n* sont

deux plaques métalliques dont la première est fixée au curseur *k*, et dont la seconde est simplement suspendue dans l'un des compartiments de l'auge.

La constance du courant de cette pile est fondée sur la résistance variable qu'opposent au passage de la force électromotrice les liquides sous différentes épaisseurs. On voit alors que lorsqu'on fait agir la pile, soit sur un galvanomètre, soit dans un but technique, il suffit de tourner la vis micrométrique *l*, après avoir fixé le curseur *i*, pour rapprocher plus ou moins les plaques *m* et *n* entre elles, c'est-à-dire pour diminuer ou augmenter la résistance de conductibilité du liquide dont la pile est chargée, et qu'on a ainsi un moyen très-précis pour maintenir un courant constant pendant tout le temps de l'observation ou du travail.

Cette pile, comme on voit, exige une attention soutenue pour maintenir la constance du courant, et un galvanomètre pour s'assurer de ses affaiblissements successifs ; sous ce rapport, elle est beaucoup moins avantageuse que les piles qui seront décrites ci-après, mais elle peut néanmoins recevoir des applications quand on voudra une grande précision, et quand, dans les applications techniques, on aura besoin de soins plus attentifs pour obtenir certains résultats délicats et bien définis.

Nous ne parlerons ici que pour mémoire de l'appareil de M. Tito Puliti, de Florence, que M. Ch. Chevalier a employé le premier à reproduire en cuivre les épreuves du daguerréotype. On trouvera la description de cet appareil dans les *Nouvelles instructions sur l'usage du Daguerréotype*, par Ch. Chevalier, chez l'auteur, 163, Palais-Royal. Nous l'avons représenté *Pl.* II, *fig.* 17. (*Voir* l'explication des figures.)

Il suffira aussi d'indiquer l'appareil inventé par M. Wynn, qui n'est qu'une variante de l'appareil Spencer. Seulement l'inventeur y a adapté un réservoir qui fournit au zinc un liquide nouveau à mesure que le premier s'épuise ; cette disposition permet aussi de recueillir le gaz hydrogène à mesure qu'il se développe. Le docteur Fau a décrit cet appareil d'une manière complète dans son *Traité de Galvanoplastie*.

§ VIII. MÉTHODE DU DOCTEUR FRANKENSTEIN POUR LA RÉDUCTION DES MÉTAUX PAR LE SIMPLE CONTACT.

Après avoir examiné les diverses formes qu'on a successivement données aux appareils simples, nous devons entrer dans quelques détails sur l'ingénieux procédé du docteur Fran-

kenstein, pour dorer et argenter les métaux par l'effet d'un simple contact galvanique et sans le secours d'aucune pile. Jusqu'ici l'inventeur paraît avoir borné les applications de sa méthode à la réduction des métaux précieux tels que l'or, l'argent, le platine; mais si, comme nous le pensons, elle est également applicable à la réduction des autres métaux, M. Frankenstein aura le mérite d'avoir donné une nouvelle impulsion à la galvanoplastie, en la débarrassant des appareils compliqués jusqu'alors en usage.

Le système du docteur Frankenstein est basé sur l'observation d'un fait bien simple. Suivant lui, lorsqu'on veut dorer, argenter, platiner avec des solutions métalliques convenables, il suffit de l'antagonisme simple de l'électricité produite par le contact, c'est-à-dire de l'état positif de l'objet à recouvrir, et de l'état négatif du métal à précipiter, et qui se trouve à l'état de dissolution, pour produire le résultat proposé. Il tire cette conséquence du principe suivant : Tous les métaux en contact avec le zinc, qui est le plus positif de tous les métaux, deviennent électriques dans un liquide conducteur.

Voici maintenant la manière d'opérer, qui a paru à la fois la plus simple et la plus efficace :

Sur un vase de grès ou de verre, on place une barre de bois sur laquelle on assujettit une bande de zinc dont les deux extrémités, recourbées en forme de crochets, descendent jusque dans le bain métallique où elles plongent très-légèrement, en même temps qu'elles sont en contact avec l'objet à dorer, etc., afin qu'il ne se précipite pas en pure perte de l'or ou de l'argent sur le zinc. Les objets un peu forts ont besoin d'être en contact en trois ou quatre points avec les bandes de zinc, et ces dernières doivent être parfaitement décapées à leur surface, afin que le contact électrique ait une action plus prononcée. On fera même bien de changer de temps en temps les points de contact, et dans le cas où on voudrait réserver certaines parties de l'objet sans être dorées, on les enduira d'un vernis convenable. (Voir, ci-après, *page* 192, la composition des différents vernis protecteurs.)

L'élévation de température de la solution métallique, qu'on peut porter jusqu'à l'ébullition, est indispensable pour accélérer l'action électro-chimique; avec une température plus modérée, l'opération dure quelques minutes de plus, mais la couche de métal déposé est plus adhérente.

Un soin qu'il ne faut pas négliger, c'est de maintenir la solu-

tion métallique au même degré de concentration, en y versant de nouvelle, à mesure qu'elle s'épuise par la revivification du métal. Enfin, on humectera de temps à autre les bandes de zinc avec un peu d'eau acidulée, et on les débarrassera de l'oxyde, qui, en s'y déposant, affaiblit le contact électrique et ralentit la marche de l'opération.

On peut dorer, de cette manière, l'argent, le maillechort, le cuivre, le laiton, et même le fer et l'acier, mais ces derniers métaux doivent avoir été plongés préalablement dans l'acide nitrique très-étendu, et bien écurés.

Si l'on veut obtenir une dorure plus ou moins foncée, il suffit de mettre les objets, pendant plus ou moins de temps, en contact avec un fil de cuivre, en même temps qu'avec le zinc. On peut encore, pour obtenir cet effet, ajouter à la solution d'or, une ou deux gouttes de solution d'un sel de cuivre, ou d'argent, suivant la teinte plus ou moins foncée qu'on veut obtenir.

Il est indispensable de soumettre à un décapage préalable les pièces qui doivent être recouvertes de métal, par le procédé du docteur Frankenstein. (Voir, ci-après, le chapitre *Décapage* et *Dérochage*, pages 200 et 201.)

Les expériences du docteur Frankenstein ont été répétées avec succès par le professeur Ferling, qui a obtenu tous les résultats annoncés par l'inventeur. On trouve également dans le *Technologiste*, N° de mars 1844, le détail d'une opération entreprise sur une grande échelle, par le docteur Frankenstein, dans l'établissement qu'il a fondé pour l'exploitation de son procédé. Il s'agissait de dorer une immense croix en cuivre, présentant une superficie de plus de 5 mètres (47 pieds) carrés, et destinée à surmonter le clocher de l'église de Gaming (Autriche). Cette curieuse expérience a été couronnée d'un plein succès. Partout la dorure présentait une teinte magnifique, et une adhérence telle, qu'elle résistait à l'action du brunissoir. On remarquait néanmoins, sur la surface dorée, quelques légers défauts, ou plutôt quelques endroits faibles qui semblaient nécessiter une nouvelle immersion. Mais le docteur Frankenstein a trouvé le moyen d'y remédier facilement, à l'aide d'un *sel à dorer au contact*, qui lui permet de dorer à volonté telles ou telles parties d'un objet, mais dont il s'est réservé la composition.

D'après ces résultats, le procédé Frankenstein semble appelé à diriger la galvanoplastie dans une voie toute nouvelle,

et nous engageons vivement nos lecteurs à répéter ces curieuses expériences, qui peuvent aider beaucoup l'avancement de la science.

Nous avons renvoyé au chapitre VI, *Bains métalliques*, la formule des diverses solutions employées par le docteur Frankenstein. (*Voyez* pages 208 et 212.)

ARTICLE II.

DES APPAREILS COMPOSÉS.

Les piles composées sont ainsi appelées, parce qu'elles peuvent être réunies en séries, et former ainsi des batteries galvaniques dont on peut régler, à volonté, l'énergie, en augmentant le nombre d'éléments dont elles sont formées. Au moyen de cette disposition, il est toujours facile de proportionner le courant galvanique à la nature des décompositions qu'il s'agit d'opérer.

Mais, outre cet avantage, les appareils composés en possèdent plusieurs autres qui les distinguent essentiellement des piles simples.

C'est ainsi que la plupart des appareils composés sont à courant énergique et constant; les effets d'endosmose y sont beaucoup moins sensibles, et surtout moins nuisibles que dans les piles simples, parce que la réduction du métal a lieu dans un vase tout-à-fait séparé de la pile. Enfin, ce qui est bien plus important, la solution métallique peut toujours être entretenue au même degré de concentration, en faisant plonger dans l'auge à précipiter un électrode de même nature que le métal à réduire, communiquant avec le pôle négatif de la pile, et qui, en se dissolvant, remplace dans la solution le métal réduit. (*Voyez* Chapitre II, ci-après, *page* 189.)

Ce dernier avantage suffirait seul pour faire préférer les appareils composés à tous les autres. Ils devront donc être adoptés par les expérimentateurs, aussitôt qu'ils auront acquis une connaissance suffisante des lois de l'électro-métallurgie, en se familiarisant d'abord avec le maniement des piles simples.

M. Smee a décrit avec assez d'étendue les trois principales piles composées, qui ont donné naissance à toutes les autres (Nos 38 à 58); toutefois, nous ajouterons quelques détails sur chacun de ces appareils, et nous signalerons les divers perfectionnements, les modifications ou les transformations qui y ont été apportés.

§ Ier. DES DIVERSES PILES A COURANT CONSTANT, PAR M. ED. BECQUEREL.

A l'époque actuelle, où l'on cherche de toutes parts à appliquer les sciences physiques et chimiques, et par conséquent l'action des forces électriques, aux arts industriels, je pense qu'il peut être utile de présenter succinctement l'exposé de toutes les recherches qui ont été faites pour obtenir des piles dont l'action fût constante pendant un certain temps.

La pile, telle que l'a décrite Volta, les piles à auges, celles à la Wollaston, et en général les piles dans lesquelles les deux métaux qui composent le couple plongent dans le même liquide, donnent des résultats très-variables, même dans un court espace de temps.

L'effet maximum se produit dans les premières minutes, mais bientôt il diminue rapidement, de sorte qu'en laissant continuer l'action, il est, au bout d'un certain temps, incomparablement plus faible qu'au commencement, à moins qu'on ne charge la pile avec des liquides peu conducteurs ; alors la diminution de l'intensité est moins rapide, mais aussi le courant est beaucoup plus faible.

C'est mon père qui a donné, le premier, les principes sur lesquels est fondée la construction de ces piles, et qui a formé les premières piles de ce genre d'après la méthode suivante.

Dans l'intérieur d'un vase en verre, on dispose deux diaphragmes en baudruche, afin de former trois cases ; ces diaphragmes sont appliqués sur les parois de la boîte avec tout le soin possible, afin que la communication d'une case à l'autre n'ait lieu que par l'intermédiaire de la baudruche, qui n'est là que pour retarder le mélange ou la combinaison des liquides contenus dans chacune des cases. A la rigueur, on peut ne mettre qu'un diaphragme, mais l'expérience prouve que deux sont nécessaires quand l'action doit durer longtemps. Le fond de cette boîte est ouvert seulement dans la partie située entre les deux diaphragmes, afin qu'en plongeant l'appareil dans un vase qui renferme le liquide conducteur, les liquides contenus dans chacune des cases externes ne se mêlent que difficilement. On plonge alors une lame de zinc et une lame de cuivre chacune dans une des cases externes ; le maximum d'intensité s'obtient sensiblement quand le cuivre plonge dans une dissolution de nitrate de cuivre, et le zinc dans une dissolution de zinc ; mais il y a aussi une diminution d'intensité avec le temps.

Digitized by Google

Les expériences faites avec cette pile ont démontré que la condition indispensable pour la solution du problème des piles à courant constant consistait à faire plonger les lames dans des liquides différents. Ce problème, mon père l'a aussi résolu à l'aide de l'appareil nommé chaîne simple à oxygène, qui se compose de deux petits bocaux en verre dont l'un renferme une solution de potasse caustique très-concentrée, et l'autre de l'acide nitrique concentré; ces deux bocaux communiquent ensemble au moyen d'un tube recourbé rempli d'argile (kaolin exempt de carbonate de chaux), humectée d'une solution de sel marin. Dans le bocal où se trouve l'alcali, plonge une lame d'or ou de platine, et dans l'autre une lame de platine; si l'on met en communication ces deux lames au moyen de fils de platine, on a un courant assez énergique qui provient de la réaction de l'acide sur l'eau, le sel marin et la potasse; la lame plongée dans l'alcali prend l'électricité négative, et la lame plongée dans l'acide prend l'électricité positive.

La meilleure disposition à donner à cet appareil, est de terminer les deux extrémités du tube communicateur d'argile par deux tubes de platine qui servent de lames ou de pôles.

M. Daniell a construit une pile dont nous allons donner la description, et qui est à présent généralement employée. On prend un cylindre de cuivre AB, *fig.* 8, *Pl.* II, ouvert à sa partie supérieure, et dont le fond est percé d'un trou; sur ce fond est une portion de cylindre *a b* plus grande que l'ouverture sur laquelle s'attache fortement une portion d'intestin de bœuf, qu'on fixe par le haut E. Cette portion d'intestin forme un cylindre creux dans lequel plonge un morceau de zinc amalgamé CD. Alors, si l'on emploie différents couples, le cuivre, qui forme une des lames du couple, est mis en rapport avec le zinc d'un autre couple, et aussi le zinc avec le cuivre d'un autre couple. A l'ouverture inférieure se trouve un siphon recourbé *c f*, de telle sorte que si l'on ajoute du liquide dans le cylindre formé par l'intestin, il en coulera autant par *g* si l'intérieur du sac membraneux est déjà plein.

M. Daniell emploie pour liquide de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, pour la case zinc, et une solution saturée de sulfate de cuivre pour l'extérieur du sac membraneux. Seulement l'eau acidulée tombe goutte à goutte dans la case zinc, et, à mesure qu'elle tombe, elle chasse par le siphon l'eau acidulée chargée de sulfate de zinc, qui est plus pesante et qui diminuerait l'action de la pile. Des morceaux de sulfate de cui-

vre, placés dans la solution de sulfate, saturent cette solution à mesure que le sulfate dissous se décompose. Les couples de M. Daniell avaient 162 millim. (6 pouces) de hauteur sur 95 millim. (3 pouces 172) de diamètre. Avec dix de ces couples, il obtenait 317 centimètres (16 pouces) cubes de gaz par quart-d'heure; de plus, l'intensité de l'action chimique restait sensiblement la même pendant plusieurs heures.

Un désavantage de cette pile, comme d'autres analogues, est que la pile ne fonctionne pas quand la communication est interrompue; mais à peine est-elle établie, que le sulfate est décomposé, l'acide sulfurique se porte sur le zinc et concourt à produire le courant électrique; tandis que l'hydrogène de l'eau décomposée réduit le cuivre du sulfate sur la surface de cylindre. Le courant électrique provient donc de trois actions différentes : 1° de l'action des deux dissolutions l'une sur l'autre par l'intermédiaire de la membrane; 2° de l'action de l'eau acidulée sur le zinc; 3° de l'action de l'acide sulfurique du sulfate sur ce même métal.

Voici maintenant d'autres piles d'un usage plus facile que celle de M. Daniell, et dont l'action est constante pendant un temps plus long, mais dans lesquelles on emploie le zinc amalgamé.

Ce zinc amalgamé possède la précieuse propriété de ne pas être attaqué par l'eau faiblement acidulée par l'acide sulfurique dans lequel il est plongé; mais vient-on à le toucher avec un fil de cuivre ou de platine, l'action devient très-vive, le zinc se dissout, et l'hydrogène se dégage sur le fil qui est le pôle négatif du couple voltaïque.

On a construit ainsi différentes piles en prenant pour métal négatif, du cuivre, du platine, etc., en ayant soin de séparer les deux métaux du couple à l'aide d'un diaphragme, condition indispensable à la constance du courant; mais il est moins coûteux d'employer du cuivre. Ce métal ne s'altère pas pour ainsi dire; loin de là, il augmente plutôt de poids; car si l'on charge la case de cuivre avec du sulfate de ce métal, le cuivre du sulfate se réduit sur la lame de cuivre qui est le pôle négatif, et à la fin de l'expérience on l'enlève facilement.

Au lieu de baudruche et d'intestin de bœuf, on peut employer une vessie, et mettre simplement, comme on le fait à Paris, un cylindre creux de cuivre, *fig.* 9, *Pl.* II, lesté de sable, afin qu'il plonge dans le liquide, dans une poche formée par une vessie. Le tout est plongé dans un vase de verre MN, et

entouré d'un cylindre creux de zinc ou plutôt de zinc amalgamé; la poche en vessie est remplie d'eau saturée de sulfate de cuivre, et des morceaux de sulfate sont placés à la partie supérieure du cylindre en baignant dans la solution, et la saturent continuellement à mesure que le sulfate est décomposé. Dans la case à zinc, c'est-à-dire dans le vase en terre, on met de l'eau salée saturée.

On trouve plus d'avantage à employer l'eau salée que l'eau acidulée; l'action est plus lente, mais aussi elle est constante pendant plus longtemps.

En général, les meilleurs diaphragmes sont ceux qui, tout en étant très-perméables à l'action du courant électrique, ne laissent traverser que très-peu des liquides qui baignent leurs surfaces. De très-bons diaphragmes sont des cylindres en cuir tanné, mais non préparés avec des graisses, de 3 à 4 millim. (1 à 2 lignes) et plus d'épaisseur. On les fait bouillir dans de l'eau salée, et on ne les laisse pas sécher avant d'en faire usage.

On peut employer avec égal succès, pour diaphragmes, des vases en porcelaine dégourdie, des cylindres creux en plâtre et des sacs en toile à voiles. Les premiers donnent une action très-énergique, mais le mélange des dissolutions se fait trop vite pour le but que l'on se propose. La terre de pipe présente le même résultat.

Cette terre donne de même le maximum d'action quand on s'en sert comme diaphragme dans la pile inventée par M. Grove. Cette pile (*fig.* 10, *Pl.* II), qui est très-petite, parce que chaque couple n'a pas une dimension de 3 centim. (1 pouce 2 lignes), a pour diaphragmes des têtes de pipes en terre bouchées par en bas. Dans l'intérieur se trouve le zinc amalgamé plongeant dans de l'eau salée; à l'extérieur, du platine plongeant dans de l'acide nitrique. Cette pile a une très-grande énergie d'action, comparativement à sa grandeur, puisque, avec six de ces couples, on fait rougir un petit fil de platine et l'on décompose très-rapidement l'eau.

Le plâtre donne un bon résultat, mais il est attaqué avec le temps. Avec la toile à voiles à fils très-serrés, on forme des piles très-énergiques en employant toujours, comme ci-dessus, pour liquides, une dissolution de sulfate de cuivre du côte cuivre, et une dissolution de chlorure de sodium au côté zinc.

On a aussi employé des planchettes de bois; l'intensité du courant est alors très-énergique, surtout avec des planchettes de sapin très-minces. Il faut, avant d'opérer sur le bois, le sou-

mettre, dans des chaudières à vapeur, à l'action de la vapeur d'eau, afin de lui enlever la sève et les matières résineuses qui pourraient retarder la marche du courant.

On peut aussi former des piles à courant constant, de la manière suivante, en n'employant qu'un seul liquide conducteur : on prend un vase, *fig.* 11, *Pl.* II, en terre poreuse, à demi cuite, mais assez cependant pour ne pas se délayer dans l'eau ; on y verse l'amalgame liquide de zinc, et l'on plonge ce vase dans un bocal plein d'une solution saturée de sulfate de cuivre. Un fil de cuivre, qui plonge dans l'amalgame, communique l'électricité négative, tandis que l'électricité positive est communiquée par une lame de cuivre plongeant dans le sulfate du même métal. C'est ici la réaction seule de l'acide sulfurique du sulfate de zinc de l'amalgame qui produit le courant électrique.

On peut encore imaginer d'autres dispositions, mais qui en réalité reviennent à celles que nous venons de décrire.

Au Muséum, il y a une pile qui agit avec une très-grande énergie pendant au moins six à sept heures. Chaque élément se compose d'une auge, *fig.* 12, *Pl.* II, en cuivre A B, de 35 cent. (1 pied 1 pouce) de largeur, sur 40 centim. (1 pied 3 pouces) de hauteur et 5 centim. (1 pouce 10 lignes) d'épaisseur. De petites auges *a b*, *a' b'* communiquent avec A B au moyen d'ouvertures pratiquées dans la paroi de celle-ci, et servent à mettre des morceaux de sulfate de cuivre qui saturent continuellement la solution de sulfate contenue dans A B, à mesure qu'elle est décomposée par le courant électrique ; le métal positif est une plaque de zinc amalgamé M N, *fig.* 13, *Pl.* II, d'une dimension un peu plus petite que l'auge A B, afin qu'elle puisse entrer dans cette auge ; un sac en toile à voiles dans lequel plonge la lame de zinc sert à séparer le zinc du cuivre ; on emploie pour dissolution du côté du zinc de l'eau salée.

Avec 12 couples formés de cette manière et réunis en pile au moyen d'un châssis, on a des effets de décomposition chimique et d'incandescence très-énergiques. Je crois que pour l'art de la dorure sur métaux à l'aide de l'électricité, dans le cas où l'on ferait usage de piles voltaïques, comme l'on n'a pas besoin d'une très-grande force voltaïque, il faudrait construire une pile de quelques éléments ayant ses couples disposés à peu près comme le couple ci-dessus ; seulement, les dimensions seraient plus petites ; un décimètre (3 pouces 9 lignes), par exemple, de hauteur et de largeur suffirait.

Au lieu de toile à voiles, il serait bon d'employer du cuir

peu épais, préparé comme nous l'avons indiqué plus haut ; le cuir ne donnerait pas un courant aussi énergique qu'un diaphragme en toile à voiles, mais l'action serait constante pendant plus longtemps, peut-être pendant une journée entière.

§ II. PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS A LA PILE DE DANIELL.

L'excellente pile de Daniell a été suffisamment décrite par M. Smee (Nos 38 à 45), et nous avons déjà fait connaître dans le paragraphe qui précède l'ingénieuse modification que M. Becquerel père a introduite dans la forme de cette pile. Il a eu surtout en vue de dégager une plus grande quantité d'électricité, en faisant réagir le liquide excitant sur les deux faces d'une lame de zinc. Nous n'insisterons pas davantage sur cette utile innovation, que fera facilement comprendre la seule inspection des *fig.* 12 *et* 13, *Pl.* II.

Occupons-nous maintenant de quelques autres améliorations, qui, sans toucher à la forme primitive de cette pile, n'en ont pas moins leur degré d'utilité, soit pour faciliter la manipulation de l'appareil, soit sous le rapport de l'économie.

Nous placerons en première ligne une disposition également indiquée par M. Becquerel père, dans son important ouvrage intitulé : *Eléments d'Electro-Chimie*, que nous avons déjà cité.

« On prend pour diaphragme un cylindre en terre demi-cuite, que l'on remplit d'amalgame liquide de zinc, dans lequel on plonge une lame de platine soudée à un fil de même métal. Le cylindre est placé dans un bocal contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle est un cylindre de cuivre entourant le diaphragme. En fermant le circuit, la réaction du sulfate de cuivre sur l'amalgame donne naissance à un courant dont on utilise l'action. Le zinc consommé est remplacé par des morceaux de même métal, que l'on ajoute dans le cylindre qui contient le mercure. »

Cette pile présente une grande analogie avec la *pile de débris*, qui sera décrite au paragraphe 6 du présent article. Ainsi que cette dernière, elle offre l'avantage de pouvoir utiliser tous les résidus de zinc provenant d'expériences faites avec les autres piles.

Le docteur Philippe a remplacé le cylindre de cuivre de la pile de Daniell, par un cylindre de fer-blanc que l'on revêt d'une couche cuivrée dans l'appareil lui-même. Il suffit, pour

cela, de faire communiquer le zinc par un fil avec le cylindre de fer-blanc, et, en mettant la pile en action, il sera, en peu de temps, entièrement recouvert de cuivre. Pour réussir dans cette opération, il faut n'employer d'abord qu'un très-faible courant; on y parviendra en plongeant le zinc dans une eau renfermant seulement quelques grains de sel en dissolution. La solution métallique devra, au contraire, être saturée de cuivre.

Le sulfate de cuivre nous paraît très-peu propre à remplir le but qu'on se propose dans cette opération, à cause de la réaction très-prononcée qui s'opère entre lui et le fer, même étamé. Une solution de cyanure de cuivre serait infiniment préférable dans ce cas. (*Voir* ci-après le Chapitre VI, *des Bains métalliques*, § Ier.)

Messieurs Walker et Smee ont indiqué un autre moyen encore plus économique de construire la pile de Daniell. Voici la description de ce procédé, emprunté à la traduction du docteur Fau :

On met un peu de cire dans un vase cylindrique de faïence, contenant environ 1 litre 50 centilitres. On met ce vase auprès du feu, jusqu'à ce qu'il soit bien chaud et que la cire entre en fusion. On le tourne alors dans tous les sens, jusqu'à ce qu'une couche mince de cire adhère à toutes les parois. Quand le vase est refroidi, on frotte, avec de la plombagine, toute la surface enduite de cire. Le vase est alors rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre dans laquelle on plonge un tube poreux contenant de l'eau acidulée et un morceau de zinc amalgamé. A ce morceau de zinc est soudé un fil de cuivre que l'on fait communiquer avec la surface du vase revêtue de plombagine. Le courant s'établit immédiatement, et, en quelques heures, l'intérieur du vase est entièrement recouvert d'une couche de cuivre. Il suffira, pour compléter ensuite l'appareil, d'ajuster sur le bord du vase un fil métallique replié, dont l'extrémité, soigneusement décapée, sera mise en contact avec le vase de cuivre obtenu.

M. Ch. Chevalier a disposé, d'une manière très-commode, les conducteurs de la pile de Daniell. Deux tiges de cuivre sont soudées, l'une au zinc, l'autre au cuivre de la pile. Ces deux tiges sont percées, à leur extrémité supérieure, de trous qui donnent passage aux fils conducteurs; des vis de pression servent à assurer leur contact avec les éléments cuivre et zinc, et à les maintenir en place. Cette disposition est très-com-

mode, et permet de modifier à volonté la distance des deux pôles, sans être jamais obligé de tordre les conducteurs.

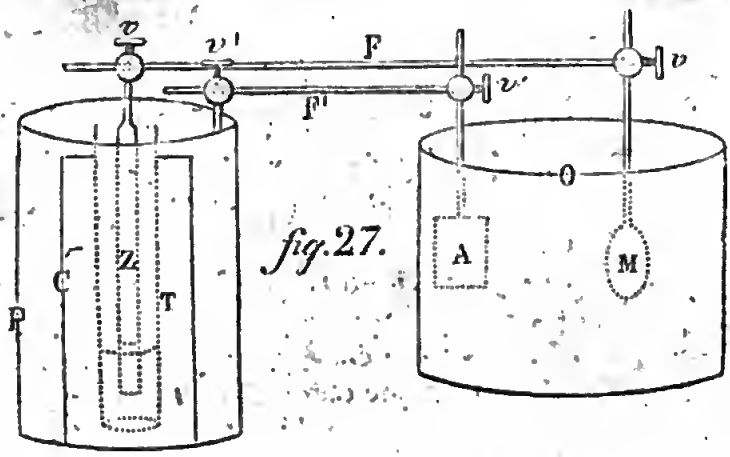


fig. 27.

Nous avons fait représenter, *fig.* 27, l'ensemble de l'appareil ainsi modifié. P, vase de faïence rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre; C, cylindre de cuivre formant l'élément négatif de la pile; T, tube poreux ou diaphragme rempli d'eau acidulée et contenant le morceau de zinc Z; *v v*, *v' v'*, vis de pression qui assujettissent les fils conducteurs F F'. O, auge à précipiter en faïence ou en verre, dans laquelle plongent le modèle M et l'électrode soluble A, destiné à maintenir la saturation de la solution métallique.

§ III. PILES DE M. BARRATT.

Pour dorer ou argenter, M. Barratt se sert du plomb comme métal positif, et de charbon comme élément négatif. Les deux corps sont disposés par paires et en séries dans un vase de forme convenable, et la batterie est chargée avec du sel marin dissous dans trois fois son poids d'eau. Un électrode soluble de même nature que le métal à réduire, est en contact avec le charbon et plonge dans l'auge à précipiter. L'action de cette pile est continue et régulière tant qu'il reste du sel dans la solution. Les produits de la batterie sont : du chlorure de plomb et de la soude caustique combinés à du carbonate de soude, produits dont la valeur est supérieure aux dépenses faites pour la précipitation du métal.

M. Barratt a encore fait usage, pour la réduction des métaux, d'une autre pile; dont la construction est fort simple. Elle se compose de creusets en plombagine remplis d'eau, et dans lesquels est suspendu un morceau de zinc. Le creuset

lui-même et le zinc sont plongés dans un vase plein d'eau. Les fils conducteurs sont établis à la manière ordinaire. En réunissant en séries 20 ou 30 de ces couples, on obtient une force suffisante pour dorer de fortes pièces.

§ IV. NOUVEAU COUPLE VOLTAÏQUE ET CONDENSATEUR ÉLECTRO-CHIMIQUE, PAR M. A. DE LA RIVE, DE GENÈVE.

Quand on examine de près les résistances que le courant d'un seul couple doit surmonter pour traverser un circuit dans lequel on interpose un voltamètre (1) à électrodes de platine, on n'est pas surpris de la presque impossibilité qu'il éprouve à le traverser. En effet, dans un couple zinc amalgamé et platiné, plongé dans l'acide sulfurique étendu, le courant parti du zinc doit traverser le liquide du couple où il dépose de l'hydrogène; puis passer à travers le liquide du voltamètre en déposant également des gaz sur l'un et l'autre des électrodes de platine de ce voltamètre. La résistance se manifeste essentiellement dans les trois parties du circuit où le courant doit passer du liquide dans le platine, ou du platine dans le liquide.

Il m'a paru que si l'on parvenait à diminuer au moins l'une de ces trois résistances, il y aurait déjà beaucoup de gagné, et que pour avoir la décomposition de l'eau complète au voltamètre, c'était la résistance qui a lieu au platine du couple qu'il fallait diminuer. M. Grove a déjà obtenu à cet égard un résultat important, en plongeant le platine, non dans de l'eau acidulée dans laquelle le zinc est placé, mais dans l'acide nitrique à 40 degrés, qui est lui-même séparé de l'eau acidulée par un diaphragme poreux en porcelaine dégourdie. L'hydrogène dont le courant tend à recouvrir la surface du platine du couple est absorbé par l'acide nitrique; la résistance est par conséquent beaucoup diminuée, et l'eau est légèrement décomposée au voltamètre.

J'ai essayé de substituer à l'acide nitrique un peroxyde en poudre. J'y voyais deux avantages ; le premier, de diminuer, comme avec l'acide nitrique, la résistance; le second, d'obtenir un courant par la réduction du peroxyde, courant dont la direction, semblable à celle du courant provenant de l'oxydation du zinc, augmenterait considérablement la puissance

(1) M. De la Rive appelle ainsi, comme l'a proposé M. Faraday, un flacon rempli d'eau acidulée, dans lequel plongent deux fils ou lames de platine qui servent à transmettre le courant destiné à décomposer l'eau.

électro-chimique du couple. Il y avait en outre un avantage pratique dans la substitution d'un peroxyde à l'acide nitrique, c'était de n'avoir besoin que d'un liquide pour charger le couple.

Mes essais ont porté sur le peroxyde de manganèse et sur le peroxyde de plomb; le second a une supériorité très-prononcée. Le peroxyde, amené à l'état d'une poudre fine et sèche, est tassé avec soin dans une auge poreuse en porcelaine dégourdie; une lame de platine est placée au milieu de l'auge, de façon qu'elle est complètement enveloppée de peroxyde; cette lame porte un appendice auquel est fixé un conducteur en cuivre. Le liquide dans lequel plongent l'auge poreuse remplie de peroxyde, et la lame de zinc amalgamé, peut être indifféremment ou de l'eau salée, ou de l'acide sulfurique étendu de plus ou moins d'eau.

Avec le peroxyde de manganèse, je n'ai obtenu que 2 centimètres (174 lignes) cubes de gaz par minute, et l'effet s'affaiblit assez vite. Avec le peroxyde de plomb, j'ai obtenu jusqu'à 10 centimètres (871 lignes) cubes de gaz par minute au même voltamètre, et l'effet ne cesse point tout en s'affaiblissant légèrement. Un moyen de lui rendre toute son énergie, c'est de changer la direction du courant dans le voltamètre; on détruit ainsi la polarisation des électrodes, qui est la cause de la diminution apparente d'intensité du courant.

Dans les mêmes circonstances, un couple de Grove ne donne naissance qu'à une décomposition à peine sensible; la différence est beaucoup moindre en ce qui concerne les effets calorifiques. Un couple de Grove a produit 425 degrés à une hélice de Breguet; un couple parfaitement semblable, mais dans lequel l'acide nitrique était remplacé par le peroxyde de plomb, a produit 450 degrés. Différents essais comparatifs, faits avec un couple de Bunzen (zinc et charbon), avec un couple de Daniell, m'ont démontré la grande supériorité du couple au peroxyde de plomb, surtout pour les effets chimiques; les effets avec les autres couples sont ou nuls ou insensibles.

La durée de l'action est considérable avec le couple de peroxyde de plomb, pourvu qu'on ait soin de polariser de temps à autre les électrodes.

Ce couple est d'un usage commode, parce qu'il n'exige l'emploi que d'un seul liquide facile à se procurer, l'eau salée ou l'acide sulfurique étendu. Aussi j'estime qu'il pourra, tant

Digitized by Google

sous ce rapport que sous le rapport économique, remplacer utilement les piles à plusieurs couples, toujours plus coûteuses et plus compliquées dans les applications de l'électricité à la dorure, à l'argenture, et aux arts métallurgiques en général; les essais que j'ai faits dans ce but ont été très-satisfaisants.

La supériorité des couples à peroxyde de plomb ne se soutient pas quand on en met plusieurs en série. Un seul couple donnait 14 degrés à un galvanomètre calorifique formé d'un fil de platine de 12 centimètres (4 pouces) de longueur, et de 172 millimètre (174 de ligne) de diamètre que traversait le courant. Deux couples en série ont donné 18 degrés au même galvanomètre, et 24 centim. (1 pouce 14 lig.) de gaz par minute. Deux couples de Grove ont donné, dans les mêmes circonstances, 19 degrés au galvanomètre calorifique, et 27 cent. (1 pouce 623 lig.) cubes de gaz par minute. Mais, ce qu'il y a d'assez curieux, c'est qu'une pile formée d'un couple de Grove à l'acide nitrique, et d'un couple de peroxyde, a donné des effets supérieurs à ceux obtenus avec une pile de deux couples de Grove ou de deux couples de peroxyde de plomb. Elle a donné 24 degrés au galvanomètre calorifique, au lieu de 18 et 32 centim. (1407 lig. et 1 pouce 1054 lig.) cubes de gaz par minute au voltamètre, au lieu de 24 ou de 27. On obtient également un effet puissant en formant une pile d'un couple de peroxyde de plomb et d'un couple de Daniell à sulfate de cuivre.

Une pile de trois couples de peroxyde de plomb donne 72 centimètres (3 pouces 1088 lig.) cubes de gaz par minute; elle rougit le fil de platine du galvanomètre calorifique; enfin, elle donne une belle lumière avec les pointes de charbon. Mais employés en série, les couples de peroxyde de plomb n'ont pas un pouvoir bien constant; il s'opère un dépôt d'oxyde de zinc sur les parois des auges poreuses, qu'il faut de temps à autre enlever.

Une lame de cuivre substituée à la lame de platine dans les couples à peroxyde de plomb ou de manganèse, les rend incapables de produire aucune action chimique, et affaiblit d'une manière très-prononcée leurs effets calorifiques.

On peut, au lieu d'employer le courant d'un second couple à augmenter l'effet chimique du premier, se servir du courant même d'un couple à augmenter sa propre intensité. Après diverses tentatives, j'ai réussi à réaliser cette conception au moyen d'un appareil fort simple, que je propose de nommer *condensateur électro-chimique*, ou *condensateur voltaïque*.

Le principe de l'appareil consiste à employer le courant d'un couple à force constante, qui doit opérer la décomposition, à produire en même temps un courant d'induction, et à diriger ce courant d'induction à travers le couple lui-même, dans un sens tel, que son effet soit de nature à oxyder le zinc et à désoxyder le sulfate de cuivre ou l'acide nitrique. Ce courant produit ainsi sur le couple le même effet que celui que produirait le courant d'un autre couple. La disposition de l'appareil ne présente rien de compliqué : c'est un morceau de fer doux entouré d'un gros fil de métal recouvert de soie; le courant du couple traverse ce fil et aimante le morceau de fer; aussitôt une petite tige de cuivre mobile et munie d'un appendice de fer qui est attiré par le fer aimanté, est soulevée de manière à interrompre le circuit; il se développe alors dans le fil un courant d'induction qui traverse le couple, et qui, réuni à celui du couple lui-même qu'il a ainsi renforcé, traverse le voltamètre qui est resté dans le circuit, et décompose l'eau. Mais le fer doux n'étant plus aimanté, la tige de cuivre retombe, le circuit métallique est de nouveau formé, le fer est de nouveau aimanté, et le même effet se reproduit.

Au moyen de cet appareil, un couple de Grove, qui ne décompose l'eau que très-légèrement, un couple de Daniell, qui ne la décompose pas sensiblement, deviennent capables de la décomposer avec une grande énergie. On peut obtenir jusqu'à 10 ou 15 centimètres (871 ou 1306 lignes) cubes de gaz par minute. Un couple de peroxyde de plomb, qui donnait 9 centimètres (783 lignes) cubes de gaz par minute, donne immédiatement 18 centimètres (1407 lignes) par l'interposition de l'appareil dans le circuit. Ce couple même donne également dans ce cas une forte lumière avec les pointes de charbon.

Les gaz qui proviennent de la décomposition ne sont nullement mélangés par l'interposition, dans le circuit, du couple du condensateur voltaïque, le courant d'induction étant toujours dirigé dans le même sens que celui du couple. On peut recueillir séparément ces gaz avec la plus grande facilité, et on les trouve dans la proportion exacte qui constitue l'eau. Aussi, peut-on employer avec avantage cet appareil simple et peu coûteux dans les applications métallurgiques. Son interposition dans le circuit d'un couple produit le même effet que celui qui résulterait de l'addition d'un ou de plusieurs couples sans occasioner la même dépense.

Digitized by Google

J'ajouterai que pour que l'appareil condensateur marche bien, il faut que le fil de métal recouvert de soie qui entoure le morceau de fer doux soit d'un fort diamètre et d'une longueur médiocre. Dans l'appareil dont je me suis servi, il y avait trois fils de cuivre de 1 millimètre (1/2 ligne) de diamètre, faisant chacun 100 tours, et réunis par leurs extrémités correspondantes, de façon à représenter un seul fil de 3 millimètres (une ligne 1/2) faisant cent tours.

§ V. PILE DE M. SOREL.

Tout récemment, M. Sorel a fait connaître un appareil dont il s'est servi pour fixer le zinc sur le fer, et qui convient, à ce qu'il assure, également bien pour la galvanoplastie et pour produire la dorure galvanique, l'argenture, etc.

Cet appareil (*fig.* 15 et 16, *Pl.* II) est composé d'un vase en cuivre de la forme d'une casserolle; au milieu duquel est placé, sur un pied isolé en bois ou en verre, un cylindre de zinc amalgamé. L'élément cuivre a, du côté du zinc, une surface au moins dix fois aussi grande que celle du zinc, et il y a même de l'avantage à augmenter dans une plus vaste proportion le vase en cuivre, pour qu'il renferme une plus grande quantité de liquide conducteur, ce qui fera que l'appareil fonctionnera plus longtemps avec une force constante. Le liquide conducteur, qui a paru préférable avec cet appareil, a été de l'eau aiguisée d'acide sulfurique à trois ou quatre degrés de l'aréomètre; ce liquide a l'avantage de peu salir le zinc, d'où il résulte que l'appareil marche longtemps sans qu'on soit obligé de nettoyer le zinc. La cause principale de la force constante de cet appareil, c'est que le zinc, en s'appauvrissant de mercure par l'action de l'acide, devient de plus en plus attaquable, ce qui compense l'affaiblissement de l'eau acidulée. Pour obtenir une grande tension, on réunit plusieurs de ces couples. Cet appareil, qui n'exige ni sacs ni diaphragmes, donne, avec le même nombre de couples, des effets plus puissants que la pile de Daniell, et précipite mieux les métaux.

§ VI. PILE DE DÉBRIS.

Dans le but d'utiliser les nombreux fragments de zinc et les parcelles de mercure qui forment les résidus d'expériences faites avec les piles galvaniques, M. Smee a imaginé un appareil qu'il appelle *pile de débris*. Cette disposition, aussi économique qu'ingénieuse, a été seulement indiquée par M. Smee,

et comme cette pile sera nécessairement adoptée par tous les amateurs, nous croyons devoir leur enseigner le moyen de la construire facilement eux-mêmes.

On met dans un vase de faïence, ou de verre, tous les fragments de zinc, et on les recouvre d'une couche de mercure. On fait plonger ensuite dans cet amalgame un fil d'argent contenu dans un tube de verre, de manière à ce qu'il soit complétement isolé de l'eau acidulée qui servira plus tard à remplir le vase et à charger la pile. Ce fil d'argent est soudé ou simplement mis en contact à l'aide d'une vis de pression, à son extrémité supérieure, avec le conducteur du modèle à recouvrir; d'un autre côté, une plaque d'argent platinisé est suspendue dans le vase le plus près possible du mercure, mais sans y toucher. Un fil conducteur réunit cette plaque d'argent à l'électrode soluble qui plonge en face du modèle, dans la cuve à décomposition. Lorsqu'on veut mettre la pile en action, il suffit de remplir le vase avec de l'acide sulfurique étendu de cinq à six fois son poids d'eau; aussitôt le courant commence, et la réduction du métal s'opère.

Ainsi qu'on le voit, la construction si facile de cet appareil repose sur les mêmes principes que ceux de la pile de Smee (Nos 48 à 56). On doit donc le diriger de la même manière que cette dernière et l'on obtiendra les mêmes résultats. Plusieurs de ces piles peuvent aussi être disposées en série, absolument comme les couples de Smee.

§ VII. PILE DE BUNSEN.

On a importé récemment, en France, une nouvelle pile galvanique inventée par M. Bunsen, professeur à l'Université de Marbourg. Cet instrument a été l'objet d'un engouement exagéré de la part des uns, et d'une critique trop sévère de la part des autres; nous tâcherons d'apprécier à leur juste valeur ses qualités et ses défauts.

La pile de Bunsen, découverte par son auteur en 1841, n'a été connue en France qu'un an plus tard par une communication de M. Reiset à l'Académie des Sciences.

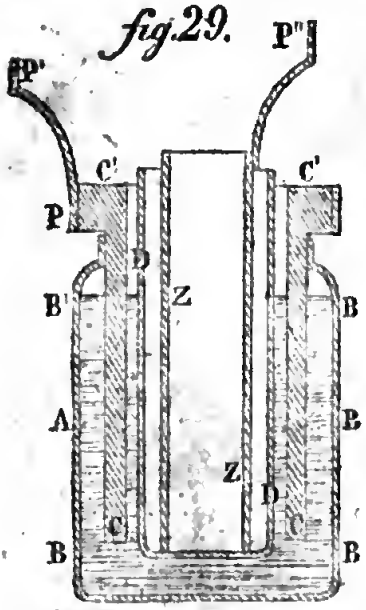
Elle est établie sur les mêmes principes que la pile de Grove, appelée aussi batterie à acide nitrique (*voyez* M. Smee, Nos 45 à 48). Elle diffère seulement de cette dernière, en ce que l'élément de platine est remplacé par un cylindre de charbon, substance dont M. Chevreuse a signalé dès longtemps la faculté conductrice et l'inaltérabilité au contact des acides.

Digitized by Google

M. Lerebours nous a paru être celui qui a le mieux compris et le mieux exécuté la pile de Bunsen. Nous décrirons donc cet instrument d'après le modèle adopté par cet habile opticien.

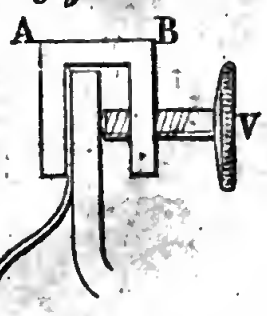
A B, bocal en verre rempli jusqu'en B' B' d'acide nitrique du commerce; C C, cylindre creux de charbon plongeant dans l'acide jusqu'en B B, et soutenu sur le bord du vase par un rebord qui fait corps avec le charbon. Un anneau ou virole en zinc, ou mieux en cuivre, P, s'ajuste à frottement doux sur le cylindre de charbon, et se termine par un appendice P' destiné à établir la communication soit avec le zinc d'un autre élément, soit avec l'anode soluble de l'auge à précipiter, si l'on n'emploie qu'un seul élément. D D, diaphragme en terre poreuse contenant de l'acide sulfurique étendu et le cylindre creux de zinc amalgamé Z Z, qui se termine également par un appendice P", servant à faire communiquer le zinc avec l'élément charbon d'un autre couple, ou à rattacher le conducteur du modèle qu'il s'agit de recouvrir.

fig.29.

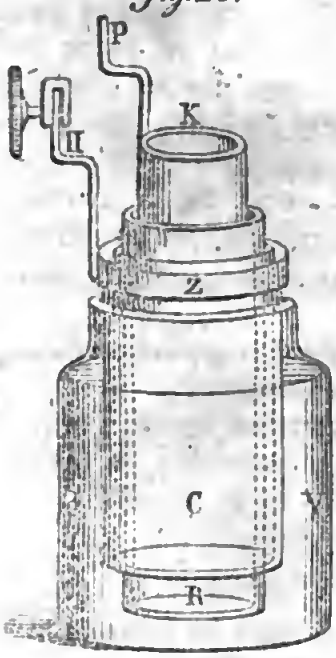


Ces diverses communications s'établissent au moyen d'un étrier à vis représenté à part *fig.* 30, et en place *fig.* 28 en H. Ce petit appareil si simple, imaginé par M. Lerebours, peut être fort utile dans une foule d'expériences électro-métallurgiques. On aura soin de bien décaper, à l'aide de gros papier de verre, les appendices des deux pôles de la pile, et les rubans de cuivre, bien préférables aux fils de même métal pour établir les communications; l'intérieur des étriers devra aussi être décapé, et les vis seront assujetties de manière à établir un contact parfait entre toutes les parties réunies. La *fig.* 28 représente la pile de Bunsen toute montée.

fig.30.



On charge la pile en remplissant à moitié le bocal d'acide nitrique du commerce étendu de son volume d'eau, et le diaphragme, d'eau acidulée très-faiblement par l'acide sulfurique.



La pile de Bunsen est d'un prix peu élevé et elle présente une grande énergie d'action sous un petit volume ; sous ce double rapport, elle pourra être adoptée par un grand nombre d'expérimentateurs, encore bien qu'ils ne puissent pas la construire eux-mêmes à cause de la difficulté que présente la confection des cylindres de charbon.

Sous le rapport de son intensité, M. Bunsen a constaté qu'elle est à peine inférieure à celle d'une pile de Grove de même dimension ; un seul couple suffit pour fondre un fil de fer mince, et peut servir aux expériences de galvanoplastie, de dorure, etc.; avec deux éléments on opère la décomposition de l'eau. Enfin 40 éléments produisent tous les effets qu'on obtient avec une pile de Faraday, d'un nombre d'éléments beaucoup plus considérable.

Mais à côté de ces avantages incontestables, il existe plusieurs inconvénients qui se présentent tout d'abord à l'esprit et qui ont été signalés par M. Becquerel, autorité grave en pareille matière.

En premier lieu, la pile est chargée avec de l'acide nitrique pur ou peu étendu, et il en résulte un dégagement abondant de vapeurs nitreuses et délétères, qui peuvent agir d'une manière nuisible sur l'économie, et qui attaquent tous les objets métalliques situés dans le laboratoire. A cette objection, M. Reiset répond que, par une immersion préalable des cylindres de charbon dans l'acide nitrique, on les débarrasse des sulfures qu'ils pouvaient contenir, en sorte qu'on n'a plus à craindre aucun effet délétère des vapeurs dégagées, et qu'il n'en résulte même aucune sensation désagréable. D'ailleurs, ajoute M. Reiset, dans la plupart des applications industrielles, l'acide nitrique de la pile peut, sans inconvénient, être très-

étendu, en sorte que la production de gaz nitreux est à peine appréciable.

M. Becquerel a encore signalé un inconvénient grave dans l'emploi de la pile de Bunsen. Le diaphragme en terre poreuse qui sépare les deux liquides ne forme pas un obstacle assez puissant à leur mélange réciproque; bientôt des effets d'endosmose se font sentir; le courant cesse alors d'être constant, et finit même par cesser tout-à-coup. Nous avouons qu'il nous paraît plus difficile de remédier à ce dernier défaut, qui, du reste, est commun à presque tous les appareils composés que nous avons décrits.

Malgré tout, la pile de Bunsen est d'une manipulation facile, et nous la croyons appelée à un grand succès.

Nous avons dit que peu d'amateurs seraient tentés d'entreprendre la construction de cet appareil, néanmoins, en faveur de ceux qui voudraient en faire l'essai, nous donnons ici, d'après M. Reiset, la manière de confectionner les cylindres de charbon qui forment un des éléments de la pile.

Fabrication des cylindres de charbon pour les piles de BUNSEN.

On prépare un mélange intime et en poudre impalpable de 1 partie (en poids) de houille grasse et de deux parties de coke; les proportions varient suivant la qualité de la houille, dont on augmente la quantité lorsqu'elle n'est pas assez grasse pour donner des charbons qui se mouillent bien.

Le mélange est introduit dans un moule cylindrique de tôle, au centre duquel on place un petit cylindre de bois ou de carton, afin de ménager dans le charbon une cavité intérieure, et faciliter le dégagement des gaz pendant la calcination.

Ainsi rempli du mélange de charbon et de coke, le moule est fermé au moyen d'un couvercle mobile bien assujetti et luté exactement. On le chauffe ensuite progressivement jusqu'au rouge. On prolonge cette calcination jusqu'à ce que tout dégagement de gaz ait cessé.

Cette opération terminée, le charbon est retiré du moule; il peut alors se prêter au travail de la lime et de la scie, sans se briser; il pourrait même recevoir sur le tour la forme convenable.

Toutefois, avant de procéder à cette dernière opération, et pour donner plus de cohésion aux cylindres de charbon, il est indispensable de les tremper à plusieurs reprises dans une solution concentrée de mélasse, de les faire sécher, et de les sou-

mettre à une nouvelle calcination aussi intense que possible.

Plusieurs cylindres peuvent subir ensemble cette dernière cuisson, en les renfermant dans un grand creuset de terre ou de fer, muni d'un couvercle bien luté, après avoir eu soin de remplir tous les interstices avec du coke pulvérisé, pour prévenir tout contact de l'air.

Il ne faut pas s'attendre à réussir du premier coup dans cette fabrication. Toutefois, si le mélange des charbons a été fait avec un soin judicieux, si le même soin a présidé aux différentes calcinations, on peut être assuré d'obtenir des cylindres durs, cohérents, sonores et excellents conducteurs de l'électricité (1).

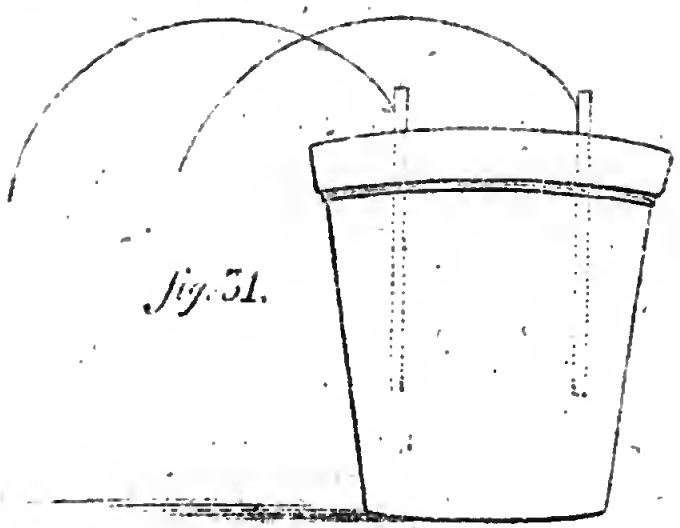
§ VIII. NOUVELLE PILE DU PRINCE BAGRATION.

M. Jacoby a publié récemment la description d'une pile de construction entièrement nouvelle, qui, selon lui, l'emporte de beaucoup sur toutes celles qui ont été imaginées jusqu'à ce jour, et par la constance de ses effets, et par son extrême simplicité, et surtout par le peu de soin qu'exige sa manipulation. Cette pile, dont l'invention est due au prince Bagration, nous paraît de nature à opérer une révolution complète dans l'art de réduire les métaux, et nous ne doutons pas que son usage ne soit bientôt universellement adopté, car elle est complètement exempte des difficultés et des embarras attachés à l'emploi des autres appareils. En effet, avec la nouvelle pile on n'a plus à s'occuper du liquide excitant, objet d'une surveillance et d'un renouvellement continuels, si on veut le maintenir toujours au même degré de force. Par la même raison, les diaphragmes poreux, sources ordinaires d'un endosmose inévitable, sont complètement supprimés. En un mot, d'après les expériences de M. Jacoby, la pile Bagration peut fonctionner pendant 6 semaines et plus, avec une constante régularité, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter le moindre changement.

Voici la manière de construire cette pile, tellement simple qu'elle pourra être établie dans toutes les localités et par la personne la plus étrangère aux manipulations chimiques :

On prend un pot à fleur ou tout autre vase imperméable à l'eau. On le remplit de terre saturée d'une dissolution assez concentrée de chlorure d'ammoniaque ou de sel ammoniac. On y place ensuite, à quelque distance l'une de l'autre, une

(1) Quelques personnes ajoutent au mélange des charbons 2 parties de farine de seigle.



plaque de cuivre et une plaque de zinc. On obtiendra ainsi un couple voltaïque, dont l'action pourra se maintenir constante pendant des mois entiers et même des années, pourvu qu'on ait soin d'humecter de temps en temps la terre, et de renouveler la plaque de zinc, lorsque, par un long usage, elle sera presqu'entièrement dissoute.

Avant de mettre la plaque de cuivre dans la terre, il est bon de la plonger pendant quelques minutes dans une solution de sel ammoniac, et de la laisser sécher jusqu'à ce qu'une oxydation prononcée se manifeste à sa superficie.

Il ne faut pas placer les deux plaques trop près l'une de l'autre ; elles ne doivent pas non plus être trop petites, afin de pouvoir vaincre la résistance que la terre oppose au passage du courant.

Plusieurs éléments de cette pile peuvent être réunis en séries au moyen de conducteurs convenables. Elle devient alors susceptible d'un grand nombre d'applications, surtout dans les cas où l'on recherche moins des effets énergiques qu'une action constante, régulière et prolongée, par exemple, lorsqu'il s'agit de réduire les métaux à l'état très-malléable.

La batterie dont s'est servi M. Jacoby se composait de 24 éléments ; il recommande d'isoler avec soin les vases qui contiennent chaque couple.

Voici maintenant la théorie que M. Jacoby a essayé de donner de cette nouvelle pile, sans toutefois en garantir l'exactitude et la précision. Suivant lui, « la constance d'action

provient de ce que l'hydrogène qui devrait se développer à la surface du cuivre est employé à réduire la couche du double sel de ce métal, qui se forme par l'action chimique du sel ammoniac sur le cuivre, de telle sorte que la constance d'action pourrait être considérée comme l'expression d'une espèce d'équilibre entre cette action chimique et la réaction galvanique. La terre ferait ici l'office d'un diaphragme poreux qui empêcherait le sel de zinc d'aller se réduire sur le cuivre par l'action du courant, et qui s'opposerait en même temps à ce que le zinc ne puisse réagir chimiquement sur le sel de cuivre. Il n'est pas impossible non plus que la terre, comme tout corps poreux, absorbe les bulles d'hydrogène qui, dans les piles ordinaires, recouvrent l'élément négatif, et diminuent ainsi la force électrique. »

Sans nous attacher à discuter le mérite de cette théorie, nous recommandons vivement à tous les expérimentateurs l'emploi de la pile Bagration. Chacun peut facilement en faire l'essai, et de ces essais multipliés il doit résulter nécessairement des perfectionnements nombreux qui contribueront à l'avancement de la science.

§ IX. SUR LES INTENSITÉS DES BATTERIES GALVANIQUES, PAR M. JOULE.

Nous empruntons à un beau mémoire publié par M. Joule, sur la chaleur développée par les conducteurs de l'électricité pendant l'électrolysie, un tableau curieux sur les intensités relatives des différentes dispositions qu'on peut donner aux batteries galvaniques. Ces intensités ont été déterminées par de nombreuses expériences et d'après la théorie mathématique de M. Ohm. Dans ce tableau, les intensités des batteries qui sont le plus en usage sont en raison inverse du nombre de paires qui seraient précisément nécessaires pour surmonter la résistance de l'eau à l'électrolysation.

BATTERIES	de M. Grove.	Platine. Acide nitrique.	Zinc amalgamé. Acide sulfurique étendu.	$\frac{1}{0.93}$
	de M. Daniell.	Cuivre. Sulfate d'oxyde de cuivre.	Zinc amalgamé. Acide sulfurique étendu.	$\frac{1}{1.54}$
	de M. Sturgeon	Fer. Zinc amalgamé. Acide sulfurique étendu.		$\frac{1}{3.33}$
	de M. Smee.	Argent platiné. Zinc amalgamé. Acide sulfurique étendu.		$\frac{1}{3.58}$
		Cuivre. Zinc amalgamé. Acide sulfurique étendu.		$\frac{1}{5.40}$

Intensités constantes.

A ce tableau, M. Joule ajoute ce qui suit :

« Sans entrer dans aucune discussion sur le mérite respectif de ces batteries, je ferai observer que chacune des quatre premières peut être employée avantageusement suivant les circonstances où l'on est placé, ou la nature des expériences qu'on veut faire. La batterie fer-zinc présente quelques inconvénients à cause de l'action locale du fer, mais elle offre beaucoup de facilités mécaniques dans sa construction. Les batteries de MM. Smee et Grove sont aussi de bonnes dispositions; mais celle du professeur Daniell est le meilleur instrument pour les applications générales, et, sans nul doute, le plus économique. »

CHAPITRE II.

DE QUELQUES ACCESSOIRES DES PILES GALVANIQUES.

Après avoir décrit les principales piles employées à la réduction des métaux, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails relatifs à certains accessoires de ces appareils, qui nécessitent des soins tout particuliers pour assurer la réussite des opérations.

§ Ier. DES DIAPHRAGMES.

On a proposé tant de substances différentes pour servir de diaphragmes dans les appareils galvaniques, qu'il doit en résulter une certaine confusion et un grand embarras dans l'esprit des expérimentateurs, lorsqu'il s'agit d'adopter tel ou tel système. Quelques observations sur ce point important ne seront pas inutiles.

On n'a pas oublié que pour obtenir de bons résultats, un diaphragme doit être assez poreux pour faciliter le passage du courant électrique à travers les solutions, mais qu'il doit aussi être assez imperméable pour s'opposer à l'endosmose ou mélange des liquides par filtration. Il est assez difficile de rencontrer des substances douées de ces deux qualités qui semblent s'exclure.

Toutefois, le diaphragme de M. Becquerel, qui a été décrit *page* 156, nous paraît approcher de très-près de ces conditions, et il doit être placé en première ligne.

Viennent ensuite les diaphragmes en terre poreuse, analogue à celle des alcarazas; les diaphragmes en porcelaine

dégourdie, ceux en terre de pipe, ceux en toile à voiles et ceux en plâtre.

Nous allons donner, d'après M. Walker, la manière de construire ces derniers diaphragmes, qui peuvent être fort utiles lorsqu'on n'est pas à même de s'en procurer d'autres, et que l'on pourra facilement faire soi-même.

On creuse dans un morceau de pierre tendre, une rainure circulaire dont le plus grand diamètre aura environ 50 millimètres (1 pouce 10 lignes) et le petit diamètre 38 à 40 millimètres (17 à 18 lignes). Cette opération s'exécute très-facilement et très-promptement sur un tour en l'air. Dans cette rainure on verse du plomb fondu, et lorsqu'il est refroidi on l'extrait de la rainure en brisant le moule, si cela est nécessaire. On obtient ainsi un anneau de plomb de 5 à 6 millimètres (2 à 3 lignes) d'épaisseur. On introduit alors dans la cavité de cet anneau un mandrin de bois de 25 à 30 centimètres (9 à 11 pouces) de hauteur, et sur lequel est enroulée une feuille de cuivre très-mince; le diamètre de ce mandrin et celui de la feuille de cuivre qui l'entoure doivent être calculés de manière à ce qu'ils remplissent exactement la cavité de l'anneau de plomb. On entoure également l'extérieur de l'anneau d'une autre feuille de cuivre plus haute d'un centimètre (5 lignes) que la précédente; cette dernière feuille est maintenue roulée à l'aide d'une ou plusieurs ligatures. On comprend qu'on a ainsi ménagé un espace vide entre les deux cylindres de cuivre. Il ne restera plus qu'à gâcher très-serré du plâtre de mouleur et à remplir tout l'intervalle compris entre les deux cylindres (1). La différence de hauteur qui existe entre eux permettra d'obtenir du même coup le fond du diaphragme. Lorsque le plâtre est bien pris, on commence par dérouler la feuille extérieure, on retire ensuite le mandrin de bois qui, à cet effet, doit avoir une espèce de manche; enfin, on comprime légèrement le tube interne et on le détache avec précaution. Il faut avoir le soin de faire sécher les diaphragmes avant de s'en servir. Nous devons ajouter, en terminant, que les diaphragmes en plâtre sont de peu de durée.

Nous ne citons ici que pour mémoire les diaphragmes en bois, en papier, en vessie, qui ne devront jamais être employés qu'à défaut de tout autre moyen.

M. Becquerel a proposé de construire des diaphragmes en

(1) Pour éviter toute adhérence du plâtre, il sera bon d'huiler toutes les parties de cette espèce de moule.

cuir tanné, mais non préparé avec des graisses. On les fait bouillir dans l'eau salée. Nous n'avons pas fait l'expérience de ces diaphragmes qui doivent être fort coûteux et difficiles à préparer.

Quelle que soit la matière adoptée, il est toujours nécessaire, avant et après les expériences, de plonger les diaphragmes pendant un certain temps, dans un vase plein d'eau. Cette immersion a pour effet de resserrer les pores ou de dissoudre les cristaux de sulfate de cuivre qui pourraient les oblitérer.

Le docteur Fau a inséré dans ses notes sur la galvanoplastie, un article extrait du *Mechanic's Magazine*, et qui ne sera pas sans intérêt pour nos lecteurs.

« J'ai découvert, dit l'auteur de cet article, qu'un diaphragme métallique l'emporte de beaucoup sur tous les autres. Il s'oppose au mélange des liquides, et permet au fluide galvanique de circuler sans obstacle, conditions qu'il était impossible d'obtenir avec les autres diaphragmes. »

« Lorsque les liquides n'attaquent pas le cuivre, je l'emploie de préférence pour diaphragme; mais lorsqu'on fait usage d'acide nitrique, par exemple, pour les batteries de Grove et de Bunsen, je me sers de cuivre doré ou platiné sur la surface, en contact avec le liquide. Ou bien encore, je construis mon diaphragme en fonte de fer, sur laquelle l'acide nitrique n'exerce qu'une faible action. »

La seule précaution qu'il soit nécessaire de prendre quand on fait usage d'un diaphragme métallique, est d'empêcher qu'il se trouve en contact avec les éléments cuivre ou zinc, etc., de la pile, parce qu'il s'établirait alors une action locale qui nuirait à l'effet général. »

Nous n'avons pas pu vérifier par nous-même les faits contenus dans l'article précédent, mais si l'expérience vient les confirmer, il n'est pas douteux que les diaphragmes métalliques ne soient bientôt préférés à tous les autres.

§ II. DE L'AMALGAME DU ZINC.

On a vu dans l'ouvrage de M. Smee (N° 34), que l'impureté du zinc du commerce occasionne une multitude d'actions locales, lorsqu'il se trouve en contact avec un acide, en sorte qu'il se fait en pure perte une grande consommation de zinc. M. Kemp a trouvé qu'en amalgamant le zinc ordinaire, il acquiert toutes les propriétés du zinc pur, c'est-à-dire qu'il n'est point attaqué par l'acide, lorsque l'appareil n'est point en action.

Voici le moyen le plus simple pour effectuer cet amalgame :

On verse dans une soucoupe de l'eau, de l'acide sulfurique pur (*voyez* § IV ci-après) et du mercure. On prend un peu de cè mélange avec une brosse et on frictionne fortement la surface du zinc, jusqu'à ce qu'elle ait acquis un aspect brillant et métallique.

Ce procédé est bien moins long que celui qui consiste à racler le zinc pour le décaper avant d'y étendre le mercure.

§ III. DES ANODES SOLUBLES.

C'est encore à M. Jacoby que l'on doit la découverte des anodes solubles, qui présentent un si grand avantage dans les expériences électro-métallurgiques. Cette découverte est basée sur le principe suivant : si dans une solution métallique en communication avec les deux pôles d'une pile galvanique, on plonge une plaque du même métal que celui en dissolution, attachée par un fil au pôle négatif de la pile, cette plaque métallique, qui joue le rôle d'anode, est dissoute *à peu près* en raison directe du métal revivifié au cathode. Nous disons à peu près, parce que l'expérience a démontré que l'anode perd toujours un peu plus que ne gagne le cathode.

On comprend facilement qu'en employant un anode soluble de même nature que le métal à réduire, on n'a plus à se préoccuper des moyens compliqués et embarrassants, jusqu'alors nécessaires pour maintenir la saturation de la solution métallique, puisque cette saturation est constamment entretenue aux dépens de l'anode qui se dissout. Dès-lors, le même bain métallique peut servir indéfiniment pour une foule d'expériences consécutives.

Mais là ne se bornent pas les avantages de l'anode soluble, car en modifiant sa forme, son volume et sa distance, par rapport au moule à recouvrir, on règle à volonté la promptitude, la nature et l'épaisseur du dépôt galvanique sur l'ensemble ou seulement sur certaines parties du modèle.

Les dispositions nécessaires pour obtenir ces différents effets ont été indiquées par M. Smee (N°s 122; 154 à 163; 253, 254; 275 à 282). Il est donc inutile d'entrer ici dans de nouveaux détails à cet égard.

Nous dirons seulement que lorsqu'il s'agit de dorer, d'argenter ou de platiner, on doit employer, pour anode soluble, un fil très-fin ou une lame très-mince du métal à déposer, dans

la crainte d'augmenter à l'excès l'énergie du courant, et d'obtenir un dépôt à l'état pulvérulent.

Plusieurs personnes ont revendiqué la priorité de la découverte des anodes solubles, mais il est aujourd'hui démontré que cette idée, contemporaine de l'invention de la galvanoplastie, appartient à Jacoby.

§ IV. DE L'ACIDE SULFURIQUE.

Il est de la plus haute importance d'employer, pour exciter les piles, de l'acide sulfurique très-pur; car si, comme cela arrive fort souvent dans les acides sulfuriques du commerce, il se trouvait un mélange d'acide nitrique, le zinc, bien qu'on l'ait amalgamé avec le plus grand soin, serait détruit en très-peu de temps et sans avoir produit tout l'effet utile qu'on doit en attendre. Par le même motif, l'acide sulfurique qu'on emploie pour amalgamer le zinc (*voyez* ci-dessus § II), doit aussi être exempt d'acide nitrique.

§ V. DES AUGES A DÉCOMPOSITION.

On est quelquefois embarrassé pour se procurer des vases de forme convenable pour servir d'auges à précipiter, dans les différentes expériences que l'on veut faire. Il en résulte souvent l'obligation de préparer une quantité de solution métallique, bien plus grande que celle qui serait nécessaire pour immerger complètement l'objet à recouvrir, si la cuve à décomposition se trouvait de forme et de dimensions appropriées. Cet inconvénient est surtout sensible lorsqu'on emploie des solutions d'or et d'argent qui sont toujours d'un prix assez élevé.

Il existe cependant un moyen bien facile de se procurer, dans toutes les localités et à peu de frais, tous les vases à décomposition dont on pourra avoir besoin. Il suffit, en effet, de les construire en bois, en fer-blanc ou en plomb; mais alors l'intérieur de ces vases devra être soigneusement revêtu d'une couche de la composition indiquée par M. Smee au N° 119. Cette précaution est indispensable, soit pour rendre le bois imperméable, soit pour ôter au fer-blanc, ou autre métal, sa faculté conductrice, qui exercerait une influence sur l'action de la pile et sur les solutions métalliques.

On pourrait encore, à la rigueur, et dans un moment de presse, employer une boîte de carton, rendue imperméable au moyen d'une couche d'huile de lin siccative (huile grasse des mouleurs en plâtre, note 141), et revêtue, en outre, d'une couche de l'enduit N° 119. Enfin, l'auge à précipiter peut en-

core être construite en plâtre, rendue imperméable par les mêmes moyens.

§ VI. DES SOUDURES.

Nous avons indiqué, *page* 180, un moyen facile de réunir les fils conducteurs aux éléments de la pile, à l'aide d'un petit étrier à vis d'une construction fort simple. Néanmoins, il est une foule de circonstances où il est infiniment préférable de souder à l'étain les parties qu'on veut réunir. Cette opération présente quelques difficultés, car le laiton, et surtout le cuivre rouge, ne peuvent se souder ainsi, qu'autant que leur surface est parfaitement décapée. Aussi la plupart des expérimentateurs se contentaient de réunir les conducteurs à la pile avec des crochets ou au moyen de la torsion. Ce dernier procédé est insuffisant pour assurer le contact parfait des différentes pièces et la transmission du courant électrique. Voici deux moyens tellement faciles pour décaper et souder le cuivre, que chacun pourra désormais réussir du premier coup à faire des soudures parfaites.

Préparation et emploi du chlorure de zinc, de M. F. Werner.

On fait dissoudre des morceaux de zinc dans l'acide hydrochlorique, jusqu'à saturation. On fait évaporer ensuite le liquide à une douce chaleur, et, lorsqu'il a acquis une consistance huileuse, on le laisse refroidir, et on l'introduit dans un flacon bien bouché à l'émeri. Il est bon d'essayer cette liqueur au papier bleu de tournesol, pour s'assurer qu'elle n'a plus aucune trace de réaction acide.

Lorsqu'on veut s'en servir pour souder, il suffit d'en humecter légèrement, avec un pinceau, les deux surfaces à réunir, préalablement grattées avec un racloir; on les étame ensuite facilement avec le fer à souder et un peu de soudure d'étain; puis, après les avoir mises exactement en contact, on achève la soudure soit avec le fer, soit au moyen d'une lampe à esprit-de-vin.

Soudure à la stéarine, de M. F. Lockey.

Le procédé de soudure employé par M. Lockey est encore plus simple et plus facile que le précédent, puisque chacun a sous la main la stéarine, seul corps qui soit nécessaire pour désoxyder les métaux, et déterminer leur adhérence à l'aide de la soudure d'étain.

On commencera par nettoyer les pièces qu'on veut souder,

soit avec un grattoir, ou même avec du papier de verre. On chauffe ensuite l'objet sur la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, et on le frotte légèrement avec un morceau de stéarine. On applique alors, sur le point chauffé, un morceau de soudure très-mince, qui s'étend aussitôt et se combine intimement avec la surface du cuivre. La même opération est répétée sur la pièce qu'on veut souder avec la première. On maintient ensuite les deux objets en contact à l'aide d'une pince plate; on les chauffe simultanément, et on continue de les maintenir avec la pince jusqu'à ce qu'ils soient refroidis.

Ces deux procédés de soudure, le premier surtout, sont applicables à tous les métaux susceptibles de se souder à l'étain.

§ VII. DES VERNIS ET DES ENDUITS ISOLANTS.

La plupart des substances indiquées par M. Smee (Nos 139 et 141), pour rendre imperméables les moules composés de substances absorbautes, sont egalement propres à revêtir les parties de ces moules que l'on veut réserver, de manière à ce qu'aucune réduction de métal ne les recouvre.

Une solution de cire à cacheter dans l'esprit-de-vin peut également remplir le même but. On l'applique avec un pinceau sur le revers et sur la tranche des moules métalliques, ou non métalliques, en un mot, sur toutes les parties que l'on veut isoler.

Toutefois, il ne faut pas oublier que les substances résineuses ne résistent pas à l'action des cyanures. Lors donc que l'on opère sur des solutions de cette nature, il faut, suivant la judicieuse remarque du docteur Fau, recouvrir les parties des moules que l'on veut protéger, avec de la cire fondue, ou avec de l'asphalte dissous dans l'essence de térébenthine.

M. Gaudin recommande un vernis composé de caoutchouc que l'on fait ramollir dans de l'huile de pétrole, puis dissoudre dans de l'éther rectifié.

CHAPITRE III.

DES MOULES PROPRES A RECEVOIR LE DÉPÔT MÉTALLIQUE.

Quoique M. Smee soit entré dans de grands détails sur les différentes manières d'obtenir des moules galvaniques, ce sujet, si important pour l'électro-métallurgiste, est encore loin d'être épuisé. Il nous reste à parler de quelques matières plastiques récemment proposées; nous ajouterons quelques mots sur le clichage et sur la manière de métalliser les moules non conducteurs.

§ Ier. — DE QUELQUES NOUVEAUX MÉLANGES PLASTIQUES PROPRES A FAIRE DES MOULES CONDUCTEURS DE L'ÉLECTRICITÉ.

On sait que les substances qui se moulent le plus facilement, comme le plâtre, la cire, etc., ont malheureusement le défaut de ne pas être conductrices du courant galvanique. On est donc obligé de leur donner cette faculté qui leur manque, par l'application d'un enduit métallique; mais, quelque soin que l'on apporte à cette opération, il est difficile de donner à cette couche métallique une ténuité assez grande pour que les délicatesses de la gravure du sujet ne soient point altérées. On a donc eu l'idée de mélanger une substance conductrice, réduite en poudre impalpable, avec la matière dont le moule doit être formé. Voici la composition recommandée par M. Lockey, et qui lui a toujours donné d'excellents résultats: cire et stéarine, parties égales; plombagine lavée et tamisée, une demi-partie. On fait fondre la cire et la stéarine sur un feu doux; on y ajoute ensuite la plombagine, en remuant exactement le mélange pour bien incorporer ensemble les différentes substances. On le coule ensuite à une chaleur modérée sur les moules préalablement huilés.

M. E. Mayo emploie de préférence un mélange de cire blanche et de blanc de céruse broyé très-fin. Il assure que les moules obtenus par ce procédé sont infiniment supérieurs à tous les autres.

§ II. DU CLICHAGE.

En exprimant (*Note* 135, *page* 62) le regret que M. Smee n'ait pas donné de plus grands développements à la description des procédés de clichage, nous avons renvoyé le lecteur au *Manuel du Mouleur en médailles*, de l'*Encyclopédie-Roret*, où cette opération se trouve expliquée avec de grands détails. Les produits obtenus à l'aide de la *machine à clicher*, décrite dans cet ouvrage, l'emportent sans contredit sur tous les autres; néanmoins, comme tout le monde n'est pas à portée de se procurer cette machine (1), nous exposerons en peu de mots les procédés de clichage *à la main*, de MM. Walker et Boettger.

Procédés de M. WALKER.

On fait fondre dans une cuillér de fer bien propre 3 parties

(1) Sa construction est du reste fort simple, et elle pourra être facilement exécutée par tout amateur intelligent.

d'étain et 5 de plomb; lorsque la fusion est complète, on y ajoute 8 parties de bismuth. Ce dernier métal se combine aussitôt avec les précédents. On verse alors l'alliage goutte à goutte sur un morceau de bois ou de pierre. Les fragments de métal sont recueillis avec soin, et après avoir bien nettoyé la cuiller, on les soumet à une deuxième et même à une troisième fusion, en mélangeant à chaque fois avec un fil de fer chauffé, afin que les métaux hétérogènes qui forment cet alliage soient intimement combinés entre eux. Ce métal, connu sous le nom d'alliage fusible de Darcet, fond à une température très-basse, environ 110 degrés centigrades. La flamme d'une lampe à esprit-de-vin sera donc plus que suffisante pour déterminer sa fusion. Lorsqu'on veut faire un moule, on fait fondre dans la cuiller la quantité nécessaire d'alliage; *aussitôt* que la fusion est complète, on verse le métal dans une petite cavité pratiquée dans un morceau de bois, dans le couvercle d'une boîte de carton, ou tout autre ustensile analogue. Dès que le métal, devenu pâteux, est prêt à reprendre sa solidité, ce qu'on reconnaît lorsque sa couleur passe du brillant au mat, on laisse tomber dessus, de 8 à 10 centimètres (3 à 4 pouces) de hauteur, la médaille originale qui *doit être froide*. Il faut laisser bien refroidir la masse avant de séparer la médaille du moule obtenu. Si l'on ne réussissait pas du premier coup à obtenir une empreinte parfaite, il faudrait, sans se décourager, recommencer l'opération. Une précaution qu'on ne doit jamais négliger avant de faire tomber la médaille, est de débarrasser la superficie du métal de la couche d'oxyde qui aurait pu s'y former; on y parvient facilement en agitant et en raclant le dessus du métal en fusion avec un fragment de carte à jouer.

Voici maintenant un autre procédé que nous trouvons également dans l'ouvrage de Walker, et qui nous paraît bien préférable au précédent.

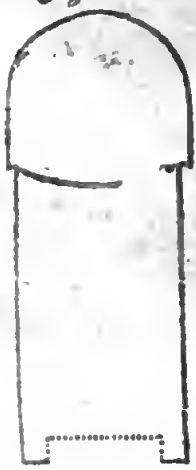
Formez un alliage, ainsi qu'il a été dit précédemment, avec les métaux ci-après :

Bismuth	8
Etain	4
Plomb.	5
Antimoine.	1

Tournez alors un mandrin cylindrique de bois et creusez, à l'une de ses extrémités, une cavité du diamètre exact de la médaille et un peu moins profonde que son épaisseur. *Voyez* la

fig. 32 ci-contre (1). Faites-y entrer cette médaille en l'assujettissant, s'il le faut, avec un peu de papier. Prenez ensuite l'empreinte de la manière suivante :

fig. 32.



Placez sur une table une petite capsule de fort papier ayant des bords de 6 à 8 millimètres (3 à 4 lignes) de hauteur. Huilez légèrement le fond de cette capsule, et versez-y une certaine quantité d'alliage en fusion. Remuez le métal avec deux cartes jusqu'à ce qu'il prenne une consistance pâteuse, et qu'il paraisse sur le point de se cristalliser. Ayez alors une gaîne cylindrique de carton de 7 à 8 centimètres (de 30 à 40 lignes) de hauteur et d'un diamètre plus grand que le mandrin, placez-la vivement au-dessus de la capsule, et prenant rapidement le mandrin d'une main, frappez un coup léger et bien d'aplomb sur le métal contenu dans la capsule. La gaîne de carton a pour but d'empêcher le métal de s'éparpiller au moment de la percussion, ce qui pourrait brûler l'opérateur.

On peut se faire aider dans cette opération par une personne qui se chargera de remuer le métal, tandis qu'on tiendra le mandrin ; le succès est alors plus certain.

Le moule ne doit être séparé de la médaille qu'après son entier refroidissement.

Méthode de clichage de M. Boettger.

L'alliage employé par M. Boettger se compose de : plomb, 8 parties ; bismuth, 8 parties ; étain, 3 parties ; il fond à environ 108 degrés centigrades. Lorsque la combinaison des métaux a été bien opérée au moyen de plusieurs fontes répétées, on verse une partie de l'alliage dans une petite capsule de carton, on l'agite avec un fil de fer chauffé au rouge jusqu'à ce qu'il soit prêt à se solidifier ; puis, au moment précis où le métal forme une pâte homogène, on y applique la médaille préalablement chauffée au point de pouvoir encore la tenir dans la main ; on l'appuie alors fortement au moyen d'un tampon de bois garni d'un disque de liège, et on maintient la pression jusqu'à ce que le métal soit presqu'entièrement

(1) L'ingénieux mandrin décrit dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, donnerait de bien meilleurs résultats.

Digitized by Google

refroidi. Il faut attendre le refroidissement complet pour enlever le moule.

De ces trois procédés, nous donnons la préférence à celui qui a été indiqué en second lieu par M. Walker.

§ III. DIVERS MOYENS DE MÉTALLISER LES MOULES NON CONDUCTEURS.

Les nombreux systèmes proposés jusqu'à ce jour pour métalliser les moules composés de substances non conductrices peuvent tous se réduire à deux : appliquer sur les moules une feuille mince de métal ou une poudre métallique assez fine pour ne point empâter la gravure, ou bien enduire la surface de ces moules d'une solution d'un sel métallique que l'on revivifie au moyen d'une réaction chimique.

Procédé de M. W. FRASER.

On fait fondre de la cire à cacheter sur un morceau de carton (*voyez* M. Smee, N° 136), on la recouvre d'une feuille d'or battu, puis on y applique le cachet ou la médaille dont on veut prendre l'empreinte, et on comprime fortement jusqu'à ce que la cire soit refroidie.

Si la cire ne se trouvait plus assez molle au moment de prendre l'empreinte, il suffirait de promener légèrement le morceau de carton au-dessus de la flamme d'une bougie.

Application des poudres métalliques.

Occupons-nous d'abord des moyens d'obtenir les poudres de bronze et d'argent nécessaires pour métalliser la surface des moules.

Les différentes poudres de bronze se trouvent facilement dans le commerce; mais comme elles sont encore d'un prix assez élevé, voici un moyen simple de les obtenir soi-même :

Précipitez le cuivre d'une solution bouillante de son sulfate en y ajoutant du zinc distillé; séparez ensuite le cuivre du zinc par l'action de l'acide sulfurique étendu; séchez enfin à une douce chaleur la poudre métallique que vous avez obtenue.

Quant à la poudre d'argent, on l'obtient en faisant bouillir du chlorure d'argent récemment préparé (1), avec de l'eau acidulée par l'acide sulfurique et du zinc bien pur.

Voici un autre moyen, indiqué par M. Oechsle, pour obtenir l'argent en poudre à l'aide de la pile galvanique :

(1) Voyez, ci-après, au Chapitre des *Bains métalliques*, la manière de préparer le chlorure d'argent, *page* 211.

Après avoir lavé du chlorure d'argent jusqu'à ce qu'il ne renferme plus de traces d'acide, on le fait sécher jusqu'à consistance d'une bouillie épaisse, et on le mélange en cet état avec un solution saturée de sel marin; on le verse alors dans une capsule ou autre vase en terre poreuse. Dans un second vase en porcelaine et assez grand pour contenir le premier, on place sur deux tasseaux en verre une plaque de zinc amalgamé, puis on y verse de l'acide sulfurique étendu de 20 à 25 fois son poids d'eau. On met alors sur la plaque de zinc deux autres tasseaux de verre sur lesquels on place le tube poreux contenant le chlorure d'argent. La lame de zinc est mise en communication avec le liquide du tube poreux, au moyen d'un fil d'argent ou de platine qui plonge dans ce dernier. Il se manifeste aussitôt une action galvanique. Au bout d'une demi-heure on remarque que le chlorure d'argent a pris une teinte grisâtre; bientôt après il se réduit à l'état métallique. On laisse fonctionner l'appareil jusqu'à ce que tout le chlorure soit réduit, ce que l'on reconnaît lorsqu'en l'agitant, la liqueur ne prend plus une apparence laiteuse et reste parfaitement limpide; on décante alors la solution de sel commun, et l'on fait sécher la poudre d'argent.

Ces poudres métalliques s'appliquent, avec la plus grande facilité, particulièrement sur les moules en cire, stéarine, et sur ceux en plâtre lorsqu'ils ont été imprégnés d'une des substances indiquées N°s 139 et 141. Il suffit de saupoudrer légèrement le métal en poudre sur la surface des moules, on l'étend ensuite à l'aide d'un pinceau très-doux en blaireau. Avec un peu d'habitude, on parvient en très-peu de temps à répartir la couche métallique d'une manière bien égale, et sans altérer en rien la délicatesse des sujets. On pourra, du reste, consulter à cet égard ce que M. Smee a dit N° 144, pour l'emploi de la plombagine.

Emploi des solutions métalliques pour métalliser les moules.

C'est encore à M. Th. Spencer que l'on doit la découverte d'un procédé qui a l'avantage de métalliser les substances non conductrices, en conservant toute la finesse et toute la pureté de l'original. Nous entrerons dans quelques détails sur ce procédé et sur les perfectionnements qu'y a apportés M. Meillet.

Dans un flacon contenant un peu d'essence de térébenthine, ou d'alcool absolu (1), on met un petit morceau de phos-

(1) On peut également se servir d'éther sulfurique.

phore; on plonge ensuite ce flacon à diverses reprises dans l'eau très-chaude; une portion de phosphore se dissoudra et se mélangera au liquide. Le flacon sera exactement bouché.

D'un autre côté, on prépare une solution étendue de nitrate d'argent cristallisé, ou bien encore de chlorure d'or ou de platine, que l'on conservera également dans un flacon.

Lorsqu'on veut métalliser un moule, on y applique, au moyen d'un pinceau très-doux, une couche d'une des solutions métalliques précitées. On verse alors dans une capsule, ou simplement dans un verre de montre, quelques gouttes de la préparation phosphorée; on chauffe doucement sur un bain de sable, et dès qu'il commence à se dégager des vapeurs, on expose à leur action le moule enduit de la solution métallique. Il change aussitôt de couleur et passe du brun au gris et au noir plus ou moins foncé; le métal est mis à nu sur toute la surface, et le moule peut être immédiatement employé.

Pour préparer ainsi de petits objets, tels que des médailles, on peut les fixer soit au fond d'un verre, d'un entonnoir, d'une cloche de verre ou autre vase, suivant leurs dimensions; on place au-dessous de ce vase la capsule qui contient la préparation phosphorée, de manière à ce que toutes les vapeurs se trouvent recueillies sous cette espèce de récipient.

On peut même se dispenser de l'action des vapeurs de phosphore, il suffit d'exposer les moules à l'influence de la chaleur ou des rayons solaires pour déterminer la revivification du métal à leur superficie. Ce moyen n'est pas applicable aux moules en cire.

Pour réussir plus sûrement dans cette préparation, M. Meillet recommande les précautions suivantes :

Lorsque la solution métallique doit être appliquée sur des matières grasses ou résineuses, il est utile d'y ajouter un peu de gomme arabique.

On peut employer des sels de plomb, de mercure, etc., en dissolution.

On peut aussi remplacer la préparation de phosphore par un courant de gaz hydrogène qu'on fait arriver sous le récipient où est placé l'objet à métalliser.

Enfin la solution métallique peut être revivifiée en plongeant l'objet qui en est humecté, dans une solution étendue de sulfure de potasse.

Moyen de métalliser les objets en verre que l'on veut recouvrir de métal.

Pour recouvrir de cuivre les objets en verre, on s'était contenté jusqu'ici de les rendre conducteurs, en y appliquant une couche de plombagine que l'on faisait adhérer par l'intermédiaire d'un enduit de cire, d'essence de térébenthine, de baume de Canada, etc. On comprend facilement que par ce moyen il était impossible d'obtenir une adhérence parfaite entre le verre et le cuivre déposé, puisque l'interposition d'une couche intermédiaire, quelque mince qu'elle fût, s'opposait toujours à un parfait contact entre les deux substances. M. Simson vient de publier un procédé fort simple qui fait presqu'entièrement disparaître cet inconvénient.

L'objet en verre que l'on veut recouvrir de métal est soumis à la vapeur de l'acide fluorhydrique, jusqu'à ce que sa surface prenne un aspect mat et dépoli. Il est alors facile d'y appliquer, au moyen d'une estompe de liège ou de peau, une couche excessivement mince de graphite qui y adhérera avec la plus grande force, grâce aux aspérités du verre.

Cette manière d'appliquer la plombagine peut, en outre, être employée dans une foule d'autres circonstances.

CHAPITRE IV.

DU DÉROCHAGE ET DU DÉCAPAGE DES OBJETS.

Presque tous les objets métalliques qui sont destinés à recevoir le bronzage, la dorure, l'argenture, etc., se trouvent recouverts à leur superficie d'une pellicule d'oxyde par le seul effet de leur exposition, même pendant quelques instants, à l'influence de l'air atmosphérique. Il importe avant tout de les débarrasser de cette couche d'oxyde, dont l'interposition s'opposerait à l'adhérence du métal que l'on veut y déposer. On y parvient en les soumettant, avant leur immersion dans la solution métallique, à diverses opérations de dérochage et de décapage qui varient suivant la nature du métal que l'on a à traiter, et suivant le but qu'on se propose.

On a souvent confondu mal à propos, dans les ouvrages techniques, le dérochage et le décapage. Quoique ces deux opérations tendent au même but, elles sont cependant distinctes l'une de l'autre. Le dérochage suppose toujours le

chauffage ou recuit préalable de l'objet métallique dont on veut aviver la surface, ou son immersion dans un liquide bouillant; dans le décapage, au contraire, cet effet est obtenu soit au moyen de poudres à polir, on l'appelle alors décapage par la voie sèche, soit en immergeant l'objet à froid dans un liquide renfermant des acides ou d'autres réactifs propres à exercer une légère corrosion sur sa surface; il prend alors le nom de décapage par la voie humide.

Nous décrirons succinctement chacune de ces opérations, et nous indiquerons dans quels cas il convient de les employer soit séparément, soit réunies.

§ Ier. DU DÉROCHAGE.

On chauffe fortement la pièce à dérocher au moyen d'une lampe à esprit-de-vin ou sur un feu clair. Lorsqu'elle a atteint la couleur rouge sombre, on la retire et on la plonge dans l'acide sulfurique étendu de 8 à 10 fois son volume d'eau. On l'y laisse séjourner jusqu'à ce qu'elle prenne une belle couleur métallique bien brillante.

Lorsque les pièces ne sont pas de nature à être chauffées, par exemple lorsqu'elles sont soudées à l'étain, on les fera bouillir pendant quelques instants dans l'acide sulfurique étendu.

Si la pièce à dérocher doit être ensuite argentée ou dorée *au mat*, après l'avoir fait chauffer comme il a été dit précédemment, on la plonge un peu refroidie dans un bain d'acide sulfurique bouillant, étendu de 9 fois son volume d'eau, ou on l'y laisse bouillir quelque temps.

Toute pièce soumise au dérochage doit, après son immersion dans l'acide, être lavée à grande eau et séchée à la sciure de bois dans une étuve.

La force et la température de la solution acidulée doivent être proportionnées à l'effet qu'on veut obtenir. M. Becquerel a parfaitement démontré que : *telle est la surface de l'objet à dorer, telle est la dorure.* Lors donc qu'on veut obtenir *le mat*, il faut, pour présenter cet aspect, que la surface de l'objet soit légèrement rugueuse, et on doit employer une solution plus énergique et d'une température plus élevée que si l'on voulait dorer *au brillant.*

Les pièces dérochées doivent toujours être soumises ensuite à un décapage avant leur immersion dans l'auge à décomposition.

§ II. DU DÉCAPAGE PAR LA VOIE SÈCHE.

S'il s'agit simplement de bronzer des objets, suivant les méthodes qui seront indiquées au chapitre suivant, il est inutile de les soumettre d'abord au dérochage. Supposons, par exemple, que l'on veuille bronzer les empreintes de cuivre obtenues à l'aide de la pile, leur surface est ordinairement brillante et presqu'entièrement exempte d'oxydation. On se contentera alors de les frotter avec une brosse très-fine de bijoutier et avec de la terre pourrie, du tripoli, ou de la ponce en poudre impalpable. Les poudres employées à polir les plaques daguerriennes seront très-convenables pour cet usage. On pourra aider à l'action de ces poudres, en trempant légèrement la brosse dans une solution *très-étendue* d'acide hydrochlorique ou nitrique, ou même dans une dissolution de savon noir ou de potasse.

Quoique ce mode de décapage soit particulièrement usité pour les objets à bronzer, il peut aussi être appliqué avec le même succès aux pièces qui doivent être dorées ou argentées. M. Becquerel (*Eléments d'Electro-Chimie*, page 347) leur donne même la préférence sur le procédé par la voie humide; malheureusement on ne peut l'employer sur les objets qui présentent dans leurs formes de nombreuses proéminences, comme les articles de bijouterie en faux, etc.

§ III. DU DÉCAPAGE PAR LA VOIE HUMIDE.

Les procédés de décapage qui se rattachent à cette catégorie sont nombreux, nous citerons seulement les plus efficaces.

Les objets qui doivent être soumis à ce mode de décapage, seront d'abord dérochés suivant ce qui a été dit précédemment. On les attache ensuite à un fil métallique et on les plonge dans un des liquides dont la formule va suivre.

Acide nitrique étendu de moitié son volume d'eau. Les pièces ne doivent y séjourner que pendant une ou deux secondes.

Acide nitrique 2 parties, acide sulfurique 1 partie, suie grasse et sel commun, de chacun 1 partie.

On peut encore supprimer la suie.

Quel que soit le mélange adopté, il faut se rappeler que les surfaces seraient promptement et profondément attaquées si les objets y séjournaient trop longtemps. On ne saurait donc apporter trop de soin et trop d'attention à cette opération. *Aussitôt* que les pièces sont retirées de la solution acide,

elles doivent être lavées à grande eau à plusieurs reprises; et, pour ne pas laisser se former une nouvelle couche d'oxyde, elles seront immédiatement placées dans le bain métallique, et la pile mise en action.

Les personnes qui craindraient d'altérer les sujets pourront employer la méthode suivante :

On commence par faire tremper les médailles pendant une heure ou deux dans une forte solution de potasse caustique, on les brosse ensuite avec de la terre pourrie mêlée à une grande quantité d'eau, on les plonge enfin dans la préparation suivante, où elles ne doivent séjourner que une à deux secondes :

Eau.	64
Acide sulfurique :	64
Acide nitrique.	32
Acide hydrochlorique.	1

On termine par un lavage à grande eau pour enlever toute trace d'acide.

Pour décaper le fer et l'acier, le docteur Fau emploie le moyen suivant :

Une petite lame de zinc est plongée dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique; l'objet à décaper est mis en contact par un fil métallique avec le zinc, et plongé en second lieu dans l'acide étendu; au bout de quelques minutes, on retire la pièce, on la met de nouveau en contact avec le zinc et on plonge le tout dans une solution saturée de sulfate de cuivre, aiguisée d'un vingtième d'acide sulfurique. On lave ensuite à grande eau, et la pièce est soumise immédiatement à l'action galvanique, soit qu'il s'agisse d'épaissir la couche de cuivre, soit qu'on veuille la dorer ou l'argenter.

On peut encore décaper le fer et l'acier dans l'acide hydrochlorique étendu d'eau (1).

CHAPITRE V.

DU BRONZAGE.

Les empreintes de médailles obtenues par le procédé galvanique sont ordinairement d'une belle couleur rose brillante et d'un aspect fort agréable; mais, malheureusement, il n'est pas possible de leur conserver cette teinte, qui s'altère en peu

(1) Voyez, *page* 297, d'autres moyens de décaper le fer.

de temps au contact de l'air. On est donc dans l'usage de bronzer les médailles pour les mettre à l'abri de toute oxydation ultérieure.

Les procédés employés pour le bronzage sont fort nombreux, et comme on peut, en les employant tour à tour, diversifier agréablement les teintes des médailles, nous donnerons tous ceux que nous avons pu recueillir.

On se rappellera que toutes les médailles destinées à être bronzées doivent être parfaitement propres et soigneusement décapées par un des procédés indiqués au chapitre précédent. La raison en est facile à comprendre : le bronzage n'est pas autre chose que la formation d'un sous-oxyde de cuivre à la superficie de l'objet; or, s'il existait déjà sur ces objets des traces d'une oxydation préalable, on conçoit qu'il en résulterait infailliblement des taches.

§ Ier. PROCÉDÉ PAR LE CHAUFFAGE.

On obtient quelquefois une belle couleur de bronze en chauffant les médailles sur un bain de sable, jusqu'à une certaine température. Il faut se hâter de les retirer du feu dès qu'elles sont parvenues à la teinte qu'on désire. Ce procédé est fort incertain dans ses résultats.

Il faut en dire autant de celui qui consiste à frotter avec une brosse et de la plombagine, la médaille qu'on a préalablement fait chauffer à l'aide d'une lampe à esprit-de-vin.

§ II. BRONZAGE A LA SANGUINE ET A LA MINE DE PLOMB.

Prenez :	Pierre sanguine.	5
	Plombagine.	8

Ces deux substances sont broyées ensemble sur une glace avec un peu d'esprit-de-vin, jusqu'à ce qu'il en résulte une pâte presque solide, que l'on conserve pour l'usage.

Lorsqu'on veut bronzer, on délaie un peu de cette pâte dans de l'alcool, et on l'applique en bouillie épaisse sur la surface de la médaille; on y laisse séjourner cette composition pendant 24 heures; on brosse ensuite avec une brosse demi-rude, jusqu'à ce que la médaille prenne un aspect poli et brillant.

La poudre qui tombera peut être recueillie et servir de nouveau.

En combinant de diverses manières les proportions de sanguine et de mine de plomb, on peut obtenir à volonté une teinte claire ou foncée.

§ III. BRONZAGE AU PEROXYDE DE FER.

Le peroxyde de fer, appelé vulgairement rouge à polir ou rouge d'Angleterre, colore admirablement les empreintes de cuivre. Pour appliquer cette substance, on fait chauffer la médaille sur un feu clair jusqu'à ce qu'on ne puisse plus la tenir avec les doigts, on y étend alors un peu de rouge d'Angleterre légèrement humecté, et on frotte avec une brosse à bijoutier jusqu'à ce que la médaille présente partout une teinte uniforme. On peut répéter l'opération, dans le cas où elle ne réussirait pas du premier coup.

§ IV. BRONZE CHIMIQUE DE M. WALKER.

On fait bouillir 60 grammes (2 onces) de carbonate d'ammoniaque et 30 grammes (1 once) d'acétate de cuivre dans un 1/2 litre de vinaigre, jusqu'à ce que ce dernier soit presque complètement évaporé. On ajoute alors, à la solution, un 1/2 litre de vinaigre dans lequel on a fait dissoudre 8 décigrammes (15 grains) d'acide oxalique, et 32 décigrammes (60 grains) d'hydrochlorate d'ammoniaque; on remet le mélange sur le feu, et dès qu'il entre en ébullition on le retire, on le laisse refroidir, et après l'avoir filtré on le conserve dans un flacon bien bouché.

Lorsqu'il s'agit d'en faire usage, on chauffe d'abord la médaille, on trempe dans la liqueur un pinceau de poil de blaireau avec lequel on humecte la surface pendant environ une demi-minute. On verse ensuite de l'eau bouillante sur l'épreuve qui séchera aussitôt. On la frotte légèrement avec un tampon de coton à peine imbibé d'huile, puis avec du coton sec. Il faut s'assurer, avant de classer l'épreuve dans la collection, que le vinaigre a été complètement entraîné par le lavage, car, s'il en restait, on verrait se former une légère couche d'acétate de cuivre qu'il faudrait enlever en frottant de nouveau avec du coton.

Ce procédé ne réussit que sur des médailles parfaitement décapées.

§ V. PROCÉDÉ DU Dr. FAU.

M. Fau assure qu'une *très-faible* solution d'hydrochlorate d'ammoniaque, ou de sulfate de potasse, donne aux médailles qui en sont humectées une fort belle couleur de bronze.

§ VI. PROCÉDÉ DE M. ROCKLINE.

On applique sur la médaille, au moyen d'un pinceau, une

couche de rouge d'Angleterre délayé dans l'eau. En cet état l'objet est chauffé jusqu'à la chaleur rouge. Pendant cette opération, le peroxyde de fer est réduit à l'état de protoxyde; et le cuivre a pris la quantité nécessaire d'oxygène, pour former un sous-oxyde; on enlève alors l'oxyde de fer de dessus la médaille, en y versant une dissolution saturée bouillante d'acétate de cuivre, il ne reste plus ensuite qu'à essuyer la médaille avec un tampon de coton.

§ VII. BRONZAGE USITÉ A LA MONNAIE DE PARIS.

On prend : Vert-de-gris. . 500 gram. (1 livre).
Sel ammoniac. . 475 gram. (15 onc. 3 gros).
Un verre de fort vinaigre.

On pulvérise ensemble le vert-de-gris et le sel ammoniac. On prend gros comme un œuf de ce mélange, et on en fait une pâte avec une portion du verre de vinaigre. On met cette pâte dans une casserolle de cuivre non étamée, en y ajoutant 2 litres d'eau. On fait bouillir pendant 20 minutes, et l'on décante.

Lorsqu'on veut bronzer, on met dans une casserolle de cuivre une portion de la liqueur décantée, et l'on y plonge les médailles en les supportant sur des tasseaux de bois blanc ou de verre, pour les isoler entre elles, et empêcher qu'elles ne soient en contact avec la casserolle; on fait bouillir pendant environ un quart d'heure.

Ce procédé ainsi que le suivant sont extraits du *Traité de Galvanoplastie* de M. J. L., publié chez M. Lerebours.

§ VIII. MOYEN DE BRONZER LE CUIVRE AU VERT ANTIQUE.

Vinaigre blanc..	1/2 litre.
Sel ammoniac	8 gram. (2 gros).
Sel marin.	8 gram. (2 gros).
Ammoniaque liquide.	15 gram. (4 gros).

On applique cette composition au pinceau, et à diverses reprises, sur l'objet à bronzer.

§ IX. BRONZAGE CHINOIS.

Le capitaine Pidding, qui a fait un long séjour en Chine, indique le procédé suivant comme étant celui que les Chinois emploient pour produire un beau bronzage sur cuivre.

L'article qu'on veut bronzer est d'abord décapé avec des cendres et du vinaigre, de manière à bien découvrir le métal et à le rendre brillant. En cet état, on le fait sécher au soleil, puis on le recouvre en totalité avec la composition suivante :

deux *maces* (le *mace* est le dixième de l'once chinoise) de vert-de-gris, deux maces de cinabre minéral, deux maces de sel ammoniac, deux maces de bec et de foie de canard, cinq maces d'alun bien pulvérisés et incorporés ensemble, et humectés suffisamment pour en former une pâte qu'on peut étendre sur les articles. Quand l'objet est ainsi chargé, on le passe au feu et on le lave quand il est froid. On le charge une seconde fois avec la composition, on passe de nouveau au feu, et on lave à l'eau jusqu'à dix fois de suite.

Les petits objets ainsi bronzés sont, dit-on, d'une grande beauté, et ne perdent rien de leur éclat par leur exposition à l'air libre et à la pluie.

CHAPITRE VI.

DES BAINS MÉTALLIQUES.

On peut poser en principe général, que *tous les sels métalliques sont susceptibles d'être réduits par l'effet de la pile galvanique*, pourvu qu'ils soient traités d'une manière convenable. Toutefois les différents sels d'un même métal se montrent plus ou moins rebelles, suivant leur nature, à l'action du courant électrique. Il est donc de la plus haute importance de choisir avec discernement des solutions métalliques appropriées aux différents résultats que l'on veut obtenir. Cette recommandation s'applique surtout à la dorure et à l'argenture électro-chimiques, car il ne suffit pas d'obtenir l'adhérence et la solidité du métal réduit, il faut encore que son aspect présente une teinte agréable à l'œil; enfin l'on ne doit pas oublier qu'une des conditions essentielles du procédé galvanique, est de présenter une économie notable sur les anciennes méthodes. Des solutions métalliques qui ne rempliraient par toutes ces conditions doivent être exclues.

Nous avons examiné avec un soin tout particulier les différentes préparations qui ont été proposées jusqu'à ce jour, et nous choisirons parmi ces formules celles qui nous paraissent les plus propres à obtenir de bons résultats.

§ Ier. SOLUTION DE CYANURE DE CUIVRE.

Quoique le sulfate de cuivre soit presque toujours employé lorsqu'il s'agit de réduire ce métal, il existe néanmoins certains cas où l'on est forcé de recourir à d'autres préparations de cuivre. Par exemple, si l'on veut cuivrer du fer, de l'acier, ou

d'autres métaux plus oxydables que le cuivre, il est presqu'impossible de se servir du sulfate de ce dernier métal, sans donner lieu à une réaction et à un dégagement abondant de gaz, qui compromettent le succès de l'opération. Une solution de cyanure de cuivre est exempte de ces inconvénients. Voici comment on la prépare :

Il suffit de faire bouillir du cyanure de cuivre dans une solution de cyanure de potassium. On trouve facilement le cyanure de cuivre chez les fabricants de produits chimiques; mais on peut le préparer facilement à l'aide de la pile. On y parvient en faisant passer le courant galvanique dans une solution de cyanure de potassium, où plonge un anode de cuivre. En évaporant ensuite la liqueur on obtient un sel composé de petits cristaux blancs.

On peut encore, pour cuivrer le fer et l'acier, employer les préparations ammoniacales de cuivre indiquées par M. Smee, N° 182, mais elles sont difficiles à réduire.

§ II. BAINS D'OR.

Les préparations d'or que nous allons faire connaître ne sont pas les seules que l'on puisse employer. D'autres formules seront encore indiquées dans la deuxième partie de cet Appendice, au chapitre spécialement consacré à la dorure. Nous n'avons pas cru devoir séparer ces formules de la description des procédés de MM. De la Rive, Elsner, Boettger, de Ruolz, Elkington, etc.

Nous ne citerons ici que pour mémoire les brômures et les iodures d'or recommandés par M. Spencer, et qui sont aujourd'hui complètement abandonnés.

On reconnaîtra facilement, dans la plupart des préparations qui vont suivre, la formule de M. de Ruolz, dont elles ne sont que des variantes plus ou moins éloignées; quelques autres se rapprochent de la solution indiquée primitivement par M. De la Rive.

N° 1. *Formule de M.* DE RUOLZ.

On dissout 10 parties de cyanure de potassium dans 100 parties d'eau distillée, on filtre et on introduit dans la liqueur 1 partie de cyanure d'or préparé avec soin, bien lavé, séché à l'abri de la lumière, et broyé avec un peu d'eau où on le laisse bien s'hydrater. On renferme la liqueur dans un flacon bien bouché à l'émeri, que l'on remue fréquemment et qu'on tient à l'abri de la lumière à une température de + 15

à 25°. Au bout de deux ou trois jours, la solution est complète et peut être employée.

N° 2. *Formule de M. J. L.*

Prenez 31 grammes 25 centigrammes (1 once 5 grains) d'oxyde d'or, 5 hectogrammes (1 livre) de cyanure de potassium et 4 litres d'eau; faites bouillir le tout pendant une demi-heure. Cette dissolution doit être employée à chaud; elle sert à dorer le laiton, le cuivre et l'argent.

N° 3. *Autre du même auteur.*

Faites dissoudre dans 100 grammes (3 onces 2 gros 11 grains) d'eau, 10 grammes (2 gros 44 grains) de cyano-ferrure jaune de potassium, et 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or sec; il se formera un précipité d'oxyde de fer. Chauffez la dissolution et faites-la bouillir pendant deux ou trois heures dans une casserolle de porcelaine, jusqu'à ce que le précipité se rassemble au fond, et laisse à la partie supérieure un liquide transparent d'un jaune serin. Filtrez alors la dissolution, et quand vous voudrez vous en servir, étendez-la de trois à quatre fois son volume d'eau.

N° 4. *Formule de M.* Becquerel.

On fait dissoudre 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or sec et 10 grammes (2 gros 44 grains) de cyano-ferrure jaune de potassium dans 100 grammes (3 onces 2 gros 11 grains) d'eau distillée. On filtre pour séparer le cyanure de fer, puis on ajoute à la liqueur 100 grammes (3 onces 2 gros 11 grains) d'une solution saturée de cyanure jaune. Ce mélange donne à la dorure un mat terne; mais en l'étendant de 1 à 2 fois son volume d'eau, on obtient un mat clair.

En général, le ton varie suivant que la solution est plus ou moins étendue. La couleur est d'autant plus belle, que la liqueur est plus étendue et plus exempte de fer. Pour faire paraître le mat, il suffit de laver la pièce dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique, et de frotter légèrement avec un linge.

N° 5. *Formule du Docteur* Frankenstein.

Nous avons rapporté, *page* 162, l'ingénieuse méthode de dorure et d'argenture du docteur Frankenstein, il nous reste à faire connaître les bains métalliques qu'il emploie :

Une partie de chlorure d'or, 10 parties de cyano-ferrure de potassium, 10 parties de sel marin et 50 parties d'eau. On peut remplacer le cyano-ferrure, en totalité ou en partie, par du

sous-carbonate de potasse; on se sert alors du dosage suivant : chlorure d'or, 1 partie; cyano-ferrure, 6 parties; carbonate de potasse, 4 parties; sel marin, 6 parties; eau, 10 parties.

Ces mélanges sont soumis pendant quelque temps à l'ébullition, dans une capsule de porcelaine, et on décante pour l'usage la liqueur claire et de couleur jaune qui surnage.

N° 6. *Bain d'or de M.* LEVOL.

Pour dorer l'argent, M. Levol se sert de la dissolution suivante :

On fait dissoudre du chlorure d'or neutre, en y ajoutant une solution aqueuse de sulfo-cyanure de potassium, jusqu'à disparition du précipité qui s'était d'abord formé. La liqueur, ainsi éclaircie, doit conserver une réaction légèrement acide; si elle l'avait complètement perdue, on la lui rendrait en ajoutant quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

N° 7. *Chlorure d'or de M.* FIZEAU.

M. Lerebours a employé avec succès, pour la dorure au moyen de la pile, la liqueur inventée par M. Fizeau, pour la fixation des images daguerriennes (*voir* la composition de cette liqueur, dans le *Traité de Daguerréotypie*, liv. II, chap. 5).

N° 8. *Autre.*

Faites dissoudre 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or sec dans 160 grammes (5 onces 1 gros) d'eau distillée; ajoutez-y peu à peu une solution de carbonate de potasse dans l'eau distillée, jusqu'à ce que le chlorure d'or commence à se troubler. On peut employer immédiatement cette liqueur.

N° 9. *Formule de M.* DE BRIANT.

Dissolvez 34 grammes (1 once 1 gros) d'or dans l'eau régale, et transformez-les, par évaporation, en chlorure *neutre* d'or. Ce chlorure est ensuite dissous dans 4 kilogrammes (8 livres) d'eau chaude, à laquelle on ajoute 200 grammes (6 onces 4 gros 21 grains) de magnésie du commerce tamisée avec soin : l'or se précipitera uni à la magnésie. Ce précipité est séparé du liquide par filtration ou décantation, et bien lavé à l'eau pure. On le fait ensuite digérer dans 40 parties d'eau auxquelles on ajoute 3 parties d'acide nitrique pour enlever la magnésie. On lave alors l'oxyde d'or jusqu'à ce que l'eau ne réagisse plus sur le papier de tournesol.

On dissout ensuite 400 gram. (13 onc. 43 grains) de cyano-fer-

rure de potassium et 100 gram. (3 onces 2 gros 11 grains) de potasse caustique dans 4 litres d'eau; on y ajoute l'oxyde d'or, et on fait bouillir environ 20 minutes : l'oxyde d'or se dissout, il se précipite un peu d'oxyde de fer que l'on sépare par filtration, et la liqueur, d'un beau jaune d'or, est prête à servir.

On peut opérer à chaud ou à froid.

§ III. BAINS D'ARGENT.

Presque tous les bains d'argent sont préparés avec le cyanure blanc de potassium, et comme cette substance est d'un prix assez élevé, et qu'on n'est pas toujours à même de se la procurer, nous indiquerons d'abord, d'après M. Walker, le moyen de convertir le cyanure jaune en cyanure blanc.

Préparation du cyanure de potassium. (Méthode de LIEBIG.)

Pulvérisez dans un mortier 100 grammes (3 onces 2 gros 11 grains) de cyano-ferrure jaune de potassium. Séchez et pulvérisez de même 25 grammes (6 gros 38 grains) de carbonate de potasse que vous mêlerez exactement avec le cyanure. Placez un creuset sur le feu, et lorsqu'il sera rouge, projetez-y le mélange. En maintenant la température, la poudre se fondra et deviendra incandescente; plongez-y alors de temps en temps une baguette de verre préalablement chauffée, la matière qui adhérera à cette tige, d'abord brune, puis jaune, deviendra enfin incolore et transparente. L'opération est alors terminée; on retire le creuset, et après avoir laissé reposer la matière quelques instants, on la verse dans un autre vase.

Préparation des oxydes d'argent.

Le nitrate et le chlorure d'argent sont à peu près les seuls sels de ce métal que l'on ait employés jusqu'ici pour argenter; leur préparation est facile, et nos lecteurs nous sauront gré de la leur avoir fait connaître.

Nitrate d'argent.

Versez dans un vase contenant des fragments d'argent, parties égales d'eau et d'acide nitrique concentré, le métal sera bientôt dissous. A moins que l'on n'ait employé de l'argent très-pur, la dissolution prendra une teinte verdâtre qui annonce la présence d'un alliage de cuivre. Plongez alors des morceaux de cuivre dans la solution, l'acide nitrique se combinera avec ce métal, et l'argent pur se précipitera sur le cui-

yre en poudre grisâtre (1). Décantez le liquide et lavez à plusieurs reprises le précipité d'argent dans l'acide sulfurique étendu; faites ensuite dissoudre de nouveau dans un mélange d'eau et d'acide nitrique, puis faites évaporer une partie du liquide dans une soucoupe chauffée par une lampe à esprit-de-vin, il se formera bientôt des cristaux de nitrate d'argent. Prenez alors de l'eau de chaux, que l'on obtient en agitant de la chaux dans de l'eau, et en filtrant la dissolution; jetez dans cette eau de chaux les cristaux de nitrate d'argent, qui prendront une teinte brune et se précipiteront sous la forme d'une poudre de même couleur; décantez le liquide et lavez le précipité. Pour s'assurer que tout l'argent a été retiré de la dissolution, on ajoute de nouvelle eau de chaux, et s'il se forme de nouveau un précipité brun, on décante une seconde fois.

L'oxyde d'argent, ainsi obtenu, doit être conservé dans un flacon plein d'eau.

Chlorure d'argent.

Dissolvez de l'argent pur dans de l'acide nitrique ordinaire que vous faites chauffer dans un vase de porcelaine; dans cette dissolution versez, goutte à goutte, une solution de sel marin, jusqu'à ce que tout l'argent se soit précipité sous la forme de flocons blancs réunis au fond du vase. Ce précipité, qui est le chlorure d'argent, est lavé avec soin à l'eau pure, et on le sépare des eaux de lavage par filtration ou décantation. Il faut éviter de préparer le chlorure d'argent trop longtemps à l'avance.

N° 1. *Bain d'argent de* M. WALKER.

Faites dissoudre 60 grammes (2 onces) de cyanure blanc de potassium, obtenu par la méthode de Liebig indiquée précédemment, dans un litre d'eau distillée, agitez le liquide jusqu'à dissolution complète et laissez-le reposer. Ajoutez ensuite 7 grammes (2 gros) d'oxyde d'argent (nitrate d'argent) qui se dissoudra aussitôt, et peu à près le liquide deviendra clair et transparent.

N° 2. *Formule de* M. ROCKLINE.

Préparez du nitrate neutre d'argent en faisant dissoudre l'oxyde de ce métal dans une solution d'acide citrique, évaporez jusqu'à siccité et mettez le sel formé dans un tube de porcelaine chauffé à 212 degrés Fahr. Faites passer dans le tube,

(1) Nous avons indiqué plus haut, Chapitre III, § III, les moyens d'obtenir l'argent à l'état de pureté.

pendant quelques minutes, un courant d'hydrogène sec. Lorsque l'appareil est refroidi, retirez le sel que vous ferez dissoudre dans l'eau distillée froide.

M. Rockline assure avoir obtenu avec ce sel un dépôt d'argent bien supérieur à celui que donnent les autres sels du même métal.

N° 3. *Formule du Docteur* FRANKENSTEIN.

Une partie de chlorure d'argent; 5 parties de cyanure de potassium dissous dans l'eau; 5 parties de carbonate de potasse; 2 parties d'eau salée; 5 parties d'ammoniaque et 5 parties d'eau.

Ce mélange est soumis à la chaleur pendant 30 à 45 minutes. Pour opérer la dissolution des sels, on remplace l'eau à mesure de son évaporation. Enfin, on laisse refroidir la liqueur, et lorsqu'elle est devenue claire, on la décante pour la séparer de son dépôt, et on la conserve pour l'usage dans un flacon bien bouché.

Nous devons prévenir que cette liqueur, qui constitue une espèce d'ammoniure d'argent, doit être employée avec les plus grandes précautions (*voir* M. SMEE, N° 176).

N° 4. *Bain de cyanure d'argent.*

On dissout dans 100 grammes (3 onces 2 gros 11 grains) d'eau distillée 10 grammes (3 gros) de cyanure *blanc* de potassium; on y ajoute ensuite par petites portions un gramme (18 grains) de cyanure d'argent dissous dans une quantité suffisante d'eau distillée.

Ces proportions sont celles indiquées par M. de Ruolz, mais on remarquera que le cyano-ferrure de potassium est remplacé par le cyanure blanc. Ce dernier bain est le plus généralement employé.

§ IV. BAINS DE PLATINE.

Le chlorure de platine, dissous dans le cyanure de potassium suivant les indications de M. de Ruolz, n'a point encore donné de résultats satisfaisants; on obtient bien par ce procédé la réduction d'une couche de platine, mais elle est loin de présenter une aggrégation moléculaire assez dense pour préserver le métal qui en est revêtu de l'action des acides.

M. Boettger annonce qu'il est enfin parvenu à obtenir un dépôt de platine d'une grande adhérence, d'un éclat spéculaire, et résistant à l'action des acides même bouillants. Il emploie, pour y parvenir, une solution de chlorure double d'ammoniaque et de platine dans l'eau bouillante; lorsqu'elle

est revenue à une température modérée, on y ajoute quelques gouttes d'ammoniaque liquide, et on la soumet, encore chaude, à l'action d'une pile à effets constants. On réussit ainsi à platiner d'une manière parfaite le cuivre, le laiton, le maillechort, etc.

§ V. BAIN DE NICKEL.

M. Boettger a obtenu également des dépôts de nickel très-purs en soumettant à la pile une dissolution de sulfate ammoniacal de protoxyde de nickel.

Observation générale sur les bains d'or, d'argent, etc.

On pourrait être embarrassé lorsqu'il s'agira de faire un choix parmi toutes les formules de bains métalliques que nous avons données; mais il faut se rappeler que dans presque tous les cas, les solutions d'or, d'argent, etc., doivent être exemptes d'acide. Si donc elles en contenaient quelques traces, on aura soin de les neutraliser en y ajoutant du carbonate de potasse, etc. Les dissolutions alcalines doivent toujours être préférées lorsqu'on peut se les procurer facilement : telles sont les formules N°s 1, 2, 3, 4 pour l'or, et N°s 1 et 4 pour l'argent.

§ VI. BAINS MÉTALLIQUES PRÉPARÉS AU MOYEN DE LA PILE, ET RÉDUCTION DES ALLIAGES.

Il existe un autre moyen de se procurer toutes les solutions métalliques dont on peut avoir besoin, en les produisant à l'aide de la pile elle-même; il suffit, pour cela, d'attacher au pôle-cuivre de l'appareil un anode du métal que l'on veut dissoudre, on fait plonger cet anode dans l'auge à décomposition contenant une menstrue convenable, tandis que le pôle positif de la pile communique avec le cathode qui plonge également dans l'auge à décomposition. Aussitôt que la réduction du métal commence à s'opérer sur le cathode, on est assuré que le liquide de l'auge à décomposition s'est emparé d'une quantité suffisante du métal de l'anode, et la dissolution continuera à s'entretenir au même degré de concentration jusqu'à la destruction complète de l'anode.

Cette méthode présente de plus un avantage très-remarquable, puisqu'en changeant tour à tour le métal de l'anode, on pourra obtenir des solutions composées de divers métaux, et dont la réduction présentera les différents alliages que l'on voudra produire. Cette propriété a été étudiée et décrite par M. Jacoby, dans un savant article que nous avons reproduit plus loin, *page* 300. Nous y renvoyons le lecteur qui voudrait entreprendre des expériences dans cette nouvelle voie.

DEUXIÈME PARTIE.

APPLICATIONS ÉLECTRO-MÉTALLURGIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

COPIE DES OBJETS D'HISTOIRE NATURELLE, ET EN PARTICULIER DES FOSSILES, PAR VOIE GALVANIQUE, PAR M. T. B. JORDAN.

Lorsqu'on veut appliquer les procédés galvanoplastiques à mouler ou copier des objets d'histoire naturelle, et en particulier des fossiles, on éprouve souvent des difficultés assez graves à cause de la forme infiniment variée ou compliquée de ces corps, et du peu de succès qu'on obtient, lorsqu'il s'agit de dépouiller parfaitement les pièces, c'est-à-dire d'enlever les matières qui ont servi à en prendre l'empreinte dans laquelle on doit précipiter du cuivre pour faire une copie, sans altérer certaines portions délicates, profondes ou saillantes à la surface de ces corps. La cire et le plâtre ne réussissent ainsi que d'une manière tout-à-fait imparfaite. Pour parvenir à ce but, d'après ma propre expérience, je propose de faire usage, pour le moulage de ces objets, d'une composition analogue, à fort peu près, à celle dont on fabrique actuellement les rouleaux des imprimeurs et qui leur servent à étendre et à appliquer leur encre. Cette composition, qui conserve après le moulage une grande élasticité, et permet la dépouille sans altérer en rien les formes les plus délicates du moule, est appliquée à chaud, et on la laisse sécher pendant vingt-quatre heures avant de l'enlever de dessus l'objet. Le moule ainsi préparé a besoin d'être recouvert parfois d'un vernis solide afin de le protéger contre l'action des liquides dans lesquels on est obligé de le plonger. De plus, le procédé a un autre défaut, c'est que jusqu'à présent on n'a pu faire qu'une seule copie avec un moule de cette espèce, mais cette épreuve est d'une perfection bien supérieure à toutes celles produites par les autres moyens ordinaires; d'ailleurs rien n'empêchera de faire quelques recherches pour perfectionner l'enduit dont on couvre ce moule, et rendre celui-ci plus durable.

On peut donner des couleurs différentes aux diverses portions des copies ou épreuves obtenues par la galvanoplastie; ainsi, supposons qu'on se propose de produire un objet d'une teinte foncée qui doit être placé sur un fond d'une couleur plus claire; pour y parvenir, on frottera les surfaces de cette copie avec du cyanure double d'argent et de potassium qui lui donnera l'aspect de l'argent, aspect qu'on enlèvera ensuite par places et sur telle étendue qu'on désirera, dans les portions qui doivent rester brunâtres, avec une solution nitro-muriatique de platine. On parviendra aussi à produire d'autres teintes en se servant de solutions d'or; enfin, on peut obtenir aussi une grande variété de tons, en variant le temps pendant lequel on fait agir chacune des solutions.

CHAPITRE II.

APPLICATION DE LA GALVANOPLASTIE A LA FABRICATION DES CADRES, ORNEMENTS ET DÉCORATIONS, PAR M. TH. SPENCER.

M. Th. Spencer, l'un des ingénieux inventeurs de la galvanoplastie, n'a pas été le dernier à comprendre tout le parti qu'on pouvait tirer de cet art nouveau dans l'industrie; et parmi les nombreux brevets qui ont été réclamés récemment pour faire des applications utiles de cet art, nous allons donner la spécification de celui qu'il vient de prendre tout récemment comme un des plus féconds en applications importantes dans toutes les branches des arts industriels. Nous allons laisser parler M. Spencer lui-même.

1° *Méthode pour fabriquer des cadres ou bordures en cuivre.* Voici comment on doit procéder généralement : on commence par faire un modèle suivant un dessin donné, soit en bois, soit en argile, en cire ou toute autre substance non conductrice de l'électricité, soit en métal. Ce modèle sert d'original pour en tirer un nombre quelconque de copies d'après le procédé que voici. On produit, avec cet original, une série de moules en creux par les moyens employés ordinairement pour mouler, en faisant seulement varier la méthode suivant la nature de la substance dont l'original est formé. Par exemple, si l'original est en bois, en métal, en plâtre ou en terre crue ou cuite, alors les empreintes sont prises avec un métal fusible, tel que celui qui sert aux caractères d'impression, ou mieux avec l'alliage fusible de Darcet. On peut aussi les couler en cire, en stéa-

rine, en mélange de ces substances, ou en autres matières plastiques unies ou non au plâtre. Si l'original est en cire ou autre substance fusible, à une température moindre que celle de l'eau bouillante, l'empreinte ne peut être en métal, comme dans le premier cas. Alors elle doit être prise à froid en plâtre, ou bien on rend cet original conducteur de l'électricité par les méthodes indiquées ci-après, et on obtient une empreinte par voie galvanoplastique en suivant de point en point les instructions qui seront données ci-après pour produire des cadres par la même voie.

Si on jugeait à propos de faire des moulages ou empreintes en métal ou en alliages, alors ceux-ci n'exigent pas d'autre préparation avant d'être placés dans l'appareil électrique; tandis que s'ils se composent des substances non métalliques ou non conductrices dont il a été question ci-dessus, alors leur surface a besoin d'être préparée ainsi qu'il suit, afin de la rendre conductrice de l'électricité.

Pour atteindre ce but, j'ai inventé des méthodes pratiques applicables aux surfaces de toute espèce; mais aujourd'hui je donne la préférence à la suivante pour les objets dont j'indique ici la fabrication, quoique je ne prétende pas qu'on doive exclusivement en faire usage.

La substance non conductrice reçoit d'abord une couche mince d'un vernis fin qu'on y applique avec un pinceau de poil de chameau; on la laisse en cet état jusqu'à ce qu'elle soit presque sèche, ce dont on s'assure par l'application du doigt qui, lorsqu'on est arrivé au point convenable, y adhère légèrement. Pendant qu'elle est encore ainsi incomplètement sèche, on y applique de la poudre métallique de cuivre, appelée ordinairement poudre à bronzer, avec un pinceau sec de poil de chameau, jusqu'à ce qu'elle en soit complètement recouverte et rendue ainsi métallique. Dans cet état, le modèle ou le moule est prêt à être placé dans l'appareil électrique pour y déposer du cuivre à telle épaisseur qu'on désire.

2° *Méthode semblable pour fabriquer les moules ou empreintes servant à mouler les ornements en composition ou en papier mâché.* Afin de faire des moules pour cet objet, je me sers ordinairement du moyen suivant : je me procure un modèle exact ou une empreinte de l'ornement que je veux reproduire, ce modèle peut être en une substance quelconque métallique ou non métallique, et je l'assujettis à une surface parfaitement plane et unie. Je donne la préférence, pour cet objet, au verre

plutôt qu'à une plaque de métal polie. J'assujettis donc la plaque au moyen d'un vernis blanc épais des peintres, et dans le cas où le modèle est fixé sur le verre, et s'il est lui-même non métallique, le verre et le moule ont besoin d'être métallisés, ainsi qu'il a été dit précédemment. Enfin, si la plaque était métallique et le modèle en une autre matière, le modèle seul aurait besoin d'être métallisé.

Lorsque ces préliminaires sont terminés, le modèle est prêt à être mis dans l'appareil. En cet état, il doit y rester quatre, cinq ou six jours, le temps variant avec l'épaisseur du métal dont on veut former le moule. Généralement je laisse marcher l'opération du dépôt voltaïque, jusqu'à ce que j'aie précipité une épaisseur d'environ 3 à 4 millimètres (1 à 2 lignes). Alors j'enlève le moule de l'appareil, et je dépouille la surface sur laquelle il s'est déposé. Si le dépôt s'est fait sur le verre, rien n'est plus facile que de le détacher en appliquant le tranchant d'un couteau entre le dépôt et la plaque; mais s'il s'est formé sur une plaque métallique, alors les bords ont besoin d'être mis à découvert, en enlevant le cuivre déposé au moyen d'une lime; après quoi on le sépare de la même manière qu'il a été dit ci-dessus.

Lorsque le moule de l'ornement ainsi formé est enlevé, on doit l'étamer par derrière par une des méthodes en usage, ou bien on peut l'étamer, avant de le détacher, par un procédé voltaïque qui sera décrit ci-après. On a généralement recours à l'étamage par les raisons suivantes. Lorsque le dépôt de cuivre a l'épaisseur suffisante, sa face extérieure ou envers présente un *fac simile* grossier de l'ornement sur lequel il s'est déposé; par conséquent cette face est inégale; mais dans la plupart des cas pour lesquels on a besoin de ces moules, il est absolument nécessaire que cette surface soit égale et de niveau, puisque, lorsqu'on s'en sert, ils sont soumis à l'action d'une presse pour en obtenir l'objet nécessaire; cette face est donc d'abord étamée, puis on verse sur l'étamage du métal fondu propre à résister à la pression de la presse, au moment où l'étain est encore à l'état de fusion, de façon que cet étain interposé procure une adhérence complète entre les substances mises ainsi en contact. Dans la plupart des cas, le plomb remplira bien le but; mais dans quelques autres, où la pression est très-légère, il suffira de doubler la plaque avec un ciment ou même du plâtre, et de renfermer le tout dans une boîte en bois, en laissant exposée seulement la face travaillée du moule.

Toutefois, dans le cas où on se proposerait de couler du verre fondu dans les moules, il deviendrait nécessaire d'employer une doublure d'un métal qui ne fût pas aisément fusible, tel que le laiton ou le fer; dans ce cas les doublures métalliques sont unies au moule en cuivre déposé par le procédé qu'on nomme *brazer*. Les modèles à couler en verre peuvent être un objet en verre taillé et poli à la roue, tel, par exemple, qu'un verre à boire. Dans ce cas on le recouvre d'une couche mixte de vernis métallisé par le moyen indiqué ci-dessus; on place dans le vase, et on y forme un dépôt de cuivre métallique, comme il a été indiqué. Les moules pour couler en verre peuvent être formés d'une ou plusieurs pièces, suivant le but qu'on se propose.

3° *Méthode pour produire des modèles en cuivre pour couler des ornements en fer.* Jusqu'à présent les modèles pour cet objet ont été sculptés en bois ou modelés en cire ou en terre. Après avoir été ainsi modelés, on en tirait, par le moulage en sable, des *fac-simile* en laiton ou en autre métal, et ayant soin que la partie postérieure restât creuse, dans le double but de rendre plus légers les moulages et de donner une épaisseur plus uniforme au métal. Mes procédés perfectionnés consistent dans les méthodes suivantes:

On prépare un modèle par une des méthodes actuellement en usage; on en prend une empreinte qui est la contre-épreuve de l'original. Cette empreinte peut très-bien être en alliage ou métal fusible, en cire, stéarine ou plâtre; je donne la préférence à la stéarine. Quand on a obtenu cette empreinte, on la métallise, comme il a été dit, et on la place dans l'appareil galvanique.

Néanmoins, dans l'intention d'atteindre la condition indispensable, c'est-à-dire que la partie postérieure du moule ou dépôt de cuivre présente une surface d'épaisseur égale et qui soit en quelque sorte le contre-moule de la face antérieure, au lieu de placer la surface sur laquelle il s'agit d'opérer le dépôt, perpendiculairement dans le vase, on l'y pose horizontalement, la surface sur laquelle doit être fait le dépôt étant en regard du fond du vase sur lequel repose la plaque de cuivre, qui doit être corrodée et qui fournit le cuivre du dépôt. Cette disposition est maintenue jusqu'à ce que le dépôt ait l'épaisseur requise, ce qui arrive ordinairement au bout de cinq à six jours, temps qui varie, au reste, avec la dimension de la pièce, parce que plus les dimensions sont grandes, et plus ce

dépôt a besoin d'être épais pour donner une rigidité et une force suffisantes au moulage définitif.

Le dépôt ainsi obtenu, lorsqu'on l'enlève de dessus la matière où il a été formé, est prêt à servir de modèle qu'on peut battre sur le sable ou autre matière pour couler en fer.

4° *Etamage des surfaces métalliques.* La surface métallique qu'on se propose d'étamer est d'abord décapée par les moyens usités par les chaudronniers. On la place ensuite dans l'appareil : cela fait, on verse dans le premier vase, sur la pièce à étamer, une solution d'acétate d'ammoniaque ou muriate de la même base, ou du sulfate de soude (je préfère le premier sel en solution concentrée étendue de son volume d'eau). La batterie étant mise en activité, l'étain se dissout et est transporté sur l'autre surface, où il se dépose à l'état solide. L'épaisseur de l'étamage se règle suivant le désir de l'opérateur.

5° *Production d'ornements riches sur les cadres, corniches et décorations intérieures.* Toutes ces surfaces ont généralement, jusqu'à présent, été décorées en y appliquant à plusieurs reprises des enduits de blanc d'Espagne et d'une matière glutineuse et adhésive qu'on nomme assiette. Ces enduits, après avoir été rebouchés, poncés, doucis, sont refondus et réparés avec des instruments aigus pour y former ou rétablir la pureté des dessins ou ornements. Une autre méthode pour produire ce genre de décors, consiste à fixer sur la surface polie et poncée, du tulle bobin ou tout autre tissu réticulé formant divers dessins. Les perfectionnements que je propose ont pour but de produire tous ces genres de décoration sur les objets indiqués, au moyen de calicot ou autre tissu semblable qu'on a gaufrés. Les ornements sont d'abord produits sur ce tissu en les gaufrant entre des cylindres ou en les comprimant dans des matrices ou gaufroirs qui ont les formes du modèle de la surface. Ce tissu est alors découpé suivant ces formes et appliqué sur la surface qu'il s'agit de décorer. Maintenant je décrirai le moyen de fabriquer ainsi un cadre de tableau ; parce qu'on pourra ensuite faire l'application du même moyen à tout autre genre de décorations.

Généralement les grands cadres pour les tableaux et les gravures sont en bois. Dans cet état, leur surface a besoin d'abord d'être recouverte d'une couche que les doreurs appellent conche claire de blanc. Lorsque cette couche est sèche, on en donne au pinceau une seconde, mais rendue plus épaisse en la saturant davantage avec du blanc. Pendant que cet enduit est

encore humide, on y pose avec soin et propreté le tissu gaufré, on presse légèrement dessus, de façon à permettre à la matière épaissie, encore fluide, de pénétrer intérieurement dans les anfractuosités ou les traits en creux que le tissu présente par-dessous, afin que, quand le tout sera sec, on ait une surface solide offrant des ornements en creux ou en relief. Cette surface est alors propre à recevoir les autres apprêts qui la rendent apte à être dorée.

On conçoit qu'on peut produire ainsi des ornements et des décorations de toute espèce; mais lorsque le tissu gaufré est devenu sec, on peut l'enlever avec adresse et de manière à ce qu'il laisse sur le cadre l'empreinte de ses formes qu'on dore ensuite comme à l'ordinaire.

Il existe un grand nombre de compositions propres à fixer le tissu sur le cadre; mais celle que j'ai indiquée me paraît être la meilleure, parce qu'elle réussit surtout quand on veut ensuite enlever le tissu et ne laisser que son empreinte.

6° *Méthode pour améliorer la composition qui sert à mouler les ornements et décorations.* La composition dont on fait usage pour cet objet consiste généralement en proportions définies de colle animale, d'eau, de blanc, de résine ou de goudron à l'état fondu. Le perfectionnement que je veux introduire, consiste à ajouter aux ingrédients ci-dessus décrits du caoutchouc dissous dans l'essence de térébenthine ou bien dans l'asphalte, l'esprit de bois, ou l'huile de gaz. Cette addition aux matériaux communément employés se fait dans la proportion, pour 6 kilog. (12 livres) de colle employée, de 1 kilog. (2 livres) de caoutchouc, qu'on dissout dans telle quantité de térébenthine qu'on le juge convenable: ce qui réussit le mieux, ce sont deux kilog. (4 livres) de ce dernier liquide pour 1 kilog. (2 livres) de caoutchouc, quoique les proportions puissent varier suivant la qualité de la colle, une bonne matière exigeant une moindre quantité de caoutchouc. Cette addition a pour but de donner à cette composition plus d'élasticité et de finesse, et d'empêcher qu'elle ne se crevasse.

CHAPITRE III.

NOUVELLE APPLICATION DE LA GALVANOPLASTIE POUR REPRODUIRE, DANS LE GENRE DE LA GRAVURE AU LAVIS, LES PEINTURES ET LES DESSINS, PAR M. LE PROFESSEUR DE KOBELL, DE MUNICH.

L'heureuse application que M. Jacoby a su faire aux arts techniques de la précipitation galvanique du cuivre, m'a suggéré l'idée de rechercher s'il ne serait pas possible de reproduire les tableaux et les dessins dans le genre de la gravure au lavis, sur une planche de cuivre, et de tirer des épreuves avec celle-ci. Il était aisé de prévoir que, si on parvenait à rendre conductrice une surface vernie, on formerait ainsi une couche cuivreuse d'une grande fidélité; mais les méthodes usitées pour peindre et vernir des surfaces unies, et dans lesquelles on fait usage de substances grasses ou résineuses, s'opposaient à ce qu'on pût obtenir des couleurs ou des vernis conducteurs, et ou conçoit qu'il n'est guère possible d'étendre au pinceau, sur ces surfaces, une couche de graphite ou d'autre substance analogue, sans détruire les demi-teintes et les nuances les plus délicates des images.

J'ai donc cherché, sans ce moyen, à recouvrir de cuivre une image peinte sur argent; j'ai pensé que c'était uniquement une question de temps que de recouvrir de cuivre les parties non conductrices, interrompues et entourées par celles qui le sont.

L'expérience a répondu à mon attente, et des dessins à la cire, au vernis, aux encres chimiques, etc., se sont recouverts ainsi de cuivre en très-peu de temps, sans qu'on eût besoin de les rendre conducteurs. J'ai pu ainsi observer comment, au milieu d'une surface non conductrice qui recouvre complètement le fond, se fixaient des points cuivreux, et comment, par l'aggrégation, ces points se réunissaient pour former des lignes, des filets ou des traits. D'ailleurs, pour obtenir une planche suffisamment épaisse pour l'impression, il faut une période de quatre à cinq jours, et on voit qu'il est inutile de donner un pouvoir conducteur aux couleurs et vernis; les demi-teintes ou les nuances légères, c'est-à-dire les couches les moins épaisses, sont ordinairement déjà précipitées complètement dès le second jour; et, s'il reste quelques points à

découvert, on peut, pour hâter la terminaison de l'opération, les enduire de graphite minéral, bon conducteur, avec un pinceau, parce que, à cette époque, l'image ne saurait en éprouver aucun inconvénient; seulement, avant de faire cet enduit au pinceau, il faut sécher la planche avec du papier brouillard, afin qu'il ne s'étende pas.

La manière de préparer le dessin qu'on se propose de copier est bien simple : il faut le peindre sur une planche d'argent ou de cuivre (1) avec une couleur ou un vernis semblable à celui dont se servent les peintres sur porcelaine, c'est-à-dire le vernis épais qui reste après l'évaporation lente de l'essence de térébenthine. On peut colorer ce vernis avec du peroxyde de fer, dont on se sert aussi dans la peinture sur porcelaine. Un vernis très-convenable, et qui sèche promptement, est celui qu'on prépare avec une solution de résine Damara dans l'essence de térébenthine, et à laquelle on mélange du fer, du noir minéral ou toute autre couleur. Dans cette opération, il n'est pas nécessaire de surcharger ou d'empâter beaucoup: au contraire, plus le dessin est léger et délicat, mieux la planche de cuivre qui se forme le reproduit avec fidélité, et plus tôt il est terminé. Ce vernis doit, du reste, adhérer fortement sur la plaque après la dessiccation; autrement, il pourrait se former dessous une couche mince cuivreuse, qu'on ne pourrait plus enlever qu'au moyen de l'acide nitrique.

Dans quelques-uns de mes essais, j'ai mélangé au vernis un peu de formiate d'argent, puis j'ai chauffé légèrement la plaque. De cette manière, quelques points conducteurs en argent sont restés libres à la surface, et ont favorisé la précipitation; mais, je le répète, cette addition n'est nullement nécessaire.

Pour précipiter le cuivre, on peut se servir de l'appareil de M. Jacoby, ou bien d'une auge en cuivre, avec un cadre en parchemin, comme M. Steinheil l'a établi d'après la méthode de M. Daniell, ou, enfin, de l'appareil décrit par M. Spencer.

L'emploi de l'appareil de M. Jacoby présente un inconvénient : c'est que les bords de la plaque, par suite de l'action

(1) Quand on se sert du cuivre, on peut calquer ou poncer à la craie, puis passer sur les traits du calque une solution de sulfure de potassium au maximum de sulfuration, au moyen d'une plume très-fine. Les lignes noires qu'on produit ainsi sont enlevées ensuite avec de l'eau pendant qu'elles sont encore humides, et il reste sur le cuivre des traits déliés, par une sorte de corrosion du métal.

continue, deviennent trop épais, et qu'il s'y forme, dans les angles surtout, de gros bourrelets. Il ne donne pas non plus une épaisseur uniforme, si on n'a pas soin de retourner fréquemment la plaque, et il faut une certaine habitude pour éviter qu'il ne s'y forme des côtes ou des végétations.

Une auge en cuivre est plus commode, mais, quand on en a fait usage pendant quelque temps, elle se charge d'une si grande quantité de cuivre précipité, qu'il devient indispensable, à cause des inégalités qu'elle présente alors, d'en renouveler le fond. D'ailleurs, on voit que, dans ce cas, on précipite en pure perte plus de cuivre que cela n'est nécessaire.

Un appareil dont je me suis servi avec avantage, consiste en un vase de verre ou de porcelaine, à fond plat et dont les parois ont de 54 à 95 millimètres (2 pouc. à 3 pouc. 1/2) de hauteur. Sur le fond de ce vase, on dépose une planche de cuivre destinée à servir de support, et à laquelle on soude à angle droit une lame de même métal, de 40 millimètres (1 pouce 1/2) de largeur. Cette lame est, sa partie supérieure exceptée, isolée avec de la cire.

Cette plaque-support doit présenter assez d'étendue pour dépasser tout autour celle qui est peinte et qu'on dépose dessus, de 12 à 14 millimètres (5 à 6 lignes). J'avais, dans l'origine, soudé la lame conductrice à la plaque peinte elle-même ; mais les bords se sont ainsi trouvés bulleux et boursoufflés, inconvénient qu'on évite par la disposition dont il vient d'être question.

Au-dessus des plaques superposées se trouve placé, sur des pieds de 7 millimètres (3 lignes) de hauteur, un cadre sur lequel est tendu un parchemin, c'est-à-dire un tambour, où l'on pose une plaque de zinc amalgamé, qu'on tient à distance du parchemin par quelques petits disques ou tubes de verre qu'on interpose. Pour établir la communication, je me sers d'une plaque de cuivre soudée à une lame de même métal, de 40 millimètres (1 pouce 1/2) de largeur, et qui est un peu plus petite que la plaque de zinc et repose sur elle. La lame plonge, soit dans une gouttière remplie de mercure, pratiquée dans celle soudée à la plaque-support du fond, ou bien elle se trouve en communication avec celle-ci, au moyen d'un crampon à vis. Quand on emploie le mercure pour établir la communication, il faut prendre certaines précautions, attendu que, lorsqu'il en tombe quelques particules sur la

plaque-support, ce qui peut aisément arriver quand on soulève l'appareil et qu'on replonge la plaque, il se forme un amalgame de cuivre qui met cette plaque hors de service.

On peut, au lieu de ces lames de communication, se servir de fils métalliques; mais cette substitution présente peu d'avantages, attendu que la précipitation marche bien plus lentement.

On remplit le vase en verre jusqu'à ce que le cadre se trouve immergé avec une dissolution concentrée de vitriol bleu, et on verse sur une épaisseur de quelques millimètres de l'acide sulfurique étendu sur la plaque de zinc. Pour alimenter la faculté de précipitation de la liqueur, on place tout autour de la plaque-support des cristaux de sulfate de cuivre. On change aussi la liqueur de temps à autre, et on remplace la plaque de zinc qui a été fortement attaquée, par une nouvelle. Il faut également avoir soin de gratter et enlever les petits dépôts de cuivre qui peuvent s'être formés sur le parchemin, et, s'ils se multipliaient, remplacer le cadre par un nouveau. Au reste, au lieu d'un tambour, on peut très-bien employer une auge en argile à moitié cuite qui laisse infiltrer les liquides; mais, par ce moyen, la précipitation n'est pas aussi rapide.

En observant les règles prescrites, je suis parvenu à obtenir, dans un espace de quatre à six jours, des plaques de 1 décimètre quarré (13 pouces 93 lignes quarrés) de surface, sur une épaisseur de plus de 3 millimètres (1 ligne 172), et ne présentant pas d'inégalité bien marquée. Lorsque ces plaques ont été obtenues, je les ai enlevées de l'appareil, je les ai séchées au papier brouillard, j'en ai uni le dos à la lime, puis je les ai remises dans l'appareil pour en augmenter l'épaisseur.

Parfois j'en ai enduit quelques points avec de la cire, afin d'amener à la même hauteur que les autres les endroits qui présentaient des dépressions; puis j'ai uni la plaque à la lime. Dans tous les cas, il est toujours utile d'examiner de temps à autre la formation de la plaque, surtout relativement à ses bords, et d'amener, par le changement de place, le bord le plus mince dans les endroits où se manifeste une précipitation plus rapide. Une solution qu'on tient dans un état constant de saturation est une condition indispensable pour obtenir une prompte et belle précipitation. Les bulles d'air qui peuvent, par suite de cette précipitation, adhérer à la surface

de la planche, doivent être enlevées avec un pinceau très-doux. Le procédé, au reste, n'exige un peu d'attention qu'au commencement et jusqu'à ce que la gravure soit formée.

Lorsque le cuivre précipité a l'épaisseur suffisante, on lime les bords des plaques avec précaution, et on les sépare aisément l'une de l'autre. On enlève avec de l'éther toutes les portions de vernis qui peuvent adhérer à la planche gravée qu'on a obtenue, et qui est prête alors pour l'impression. Les épreuves ressemblent à des dessins au lavis, et présentent toutes les demi-teintes qu'on a ménagées lors de la peinture.

Je crois que cette méthode mérite d'autant plus l'attention des artistes, que chacun d'eux, sans avoir de connaissances dans l'art de la gravure, pourra multiplier ainsi par impression un dessin ou une image quelconque. On conçoit, du reste, qu'on peut, sur une semblable planche, employer encore le grattoir ou le burin, pour donner plus de vigueur aux traits ou produire des effets mieux déterminés.

Les frais de l'opération sont très-minimes, surtout si on a égard aux résultats qu'on obtient.

CHAPITRE IV.

EXPÉRIENCES SUR LA GRAVURE GALVANIQUE, ET SUR LA GALVANOPLASTIE EN GÉNÉRAL, PAR MAXIMILIEN, DUC DE LEUCHTENBERG.

I. J'ai consacré quelques loisirs à une série d'expériences galvanoplastiques, qui m'ont donné la conviction pratique d'un fait que M. Jacoby m'avait communiqué, savoir : que M. le professeur de Kobell avait réussi à former, sur une peinture ou dessin analogue au lavis, une précipitation de cuivre constituant une planche dont on pouvait se servir ensuite pour imprimer en taille-douce (1). Comme les essais de M. de Kobell me paraissaient présenter cela d'intéressant, qu'ils démontraient que les surfaces non conductrices peuvent se recouvrir de cuivre, même quand elles sont entourées et séparées par des surfaces qui constituent de bons conducteurs, j'ai cherché à éclaircir ce point ; et c'est le résultat de ces recherches que je communique ici sommairement.

Le tableau ou peinture a été préparé sur une planche d'ar-

(1). Voyez la description de ce procédé au Chapitre précédent.

gent ou de cuivre. Le dessin est composé d'une *seule* couleur mélangée à un excipient épais, résultant de l'évaporation de l'essence de térébenthine, tel qu'on en fait usage dans la peinture sur porcelaine. La couleur a été le plus généralement le rouge de fer, ou sous-sulfate calciné de ce métal. On obtient aussi une couleur très-convenable aux essais, et qui sèche promptement, au moyen d'une dissolution de résine Damara dans l'essence de térébenthine, à laquelle j'ai mélangé tantôt du rouge de fer, tantôt du noir minéral.

La première expérience que j'ai tentée m'a démontré que l'impression réussit d'autant mieux que le dessin ou l'image est préparé suivant une manière qui se rapproche davantage de la gravure sur cuivre ou acier, et que ses nuances les plus délicates se reproduisent ainsi parfaitement bien, tandis que les teintes plus prononcées et plus larges s'éloignent de la gravure sur métal, pour prendre de la ressemblance avec la gravure sur bois. Le petit nombre d'essais que j'ai faits ne me permettent pas encore d'entrevoir à quel degré de perfection il sera permis de porter ce procédé; mais ce que je puis assurer, c'est que dès à présent il donne des résultats supérieurs, par leurs effets, aux eaux-fortes des graveurs sur cuivre, qui, par la profondeur et la largeur égales de tous les traits creusés par l'acide, ne présentent ni nuances, ni ombres, ni lumière.

Ce procédé m'a paru très-propre à produire des effets d'ombre, de lumière et de coloration, qualités qu'il possède en commun avec la gravure au burin; mais, de plus, il m'a semblé posséder la propriété de fournir des lignes et des traits plus doux, et en outre on y trouve cet avantage que le dessin restant à la disposition de l'artiste, on peut, en peu de temps, et de la manière la plus simple, en multiplier autant qu'on veut les copies. Pour que le dessin ou modèle préparé comme il a été dit, avec un corps résineux, prenne un développement et une épaisseur suffisants par la précipitation du cuivre, il n'est pas nécessaire, tant pour les teintes délicates que pour celles foncées, de le frotter avec une poussière conductrice quelconque, telle que le graphite ou autre semblable, attendu que, dans la précipitation cristalline du cuivre, l'agrégation des molécules pour passer à l'état solide se fait aisément, et que leurs formes cubiques se prêtent à ce groupement en feuilles ou tables minces.

L'appareil de M. de Kobell, dont je me suis servi, consiste en une planche de cuivre à laquelle on a soudé à angle droit

une lame métallique de 36 millimètres (1 pouce 4 lignes) de largeur pour établir la communication. Cette lame est, à l'exception de sa partie supérieure, enduite de cire pour l'isoler. La planche a une grandeur telle qu'elle laisse tout autour du dessin qu'on y a peint une marge d'environ 12 millimètres (5 lignes). Sous cette plaque, on place un cadre sur lequel on a tendu un parchemin qui forme une sorte de tambourin qui repose sur des pieds en bois de 6 millimètres (3 lignes) d'épaisseur. Sur ce cadre est posée une plaque de zinc amalgamé qu'on tient à distance du parchemin en interposant deux baguettes de verre. Pour établir le courant, on se sert d'une plaque de cuivre unie à une lame de même métal de 36 millimètres (1 pouce 4 lignes) de largeur, un peu moins étendue que la plaque de zinc et posée sur elle. La feuille est réunie par des mâchoires à vis, et la lame soudée à la planche de cuivre.

L'appareil étant ainsi établi, est déposé dans un vase en verre ou en porcelaine à fond plat, et dont les parois ont 5 à 7 centimètres (1 pouce 10 lignes à 2 pouces 7 lignes) de hauteur; ce vase est ensuite rempli jusqu'à ce que le cadre baigne avec une solution concentrée de sulfate de cuivre; on verse en même temps sur la plaque de zinc, à une hauteur de 4 à 5 millimètres (1 ligne 1/2 à 2 lignes), de l'acide sulfurique étendu, et on dépose aussi quelques cristaux de sulfate de cuivre tout autour de la plaque de cuivre.

Je passe sous silence toutes les petites précautions à observer, et les tours de main auxquels il faut avoir égard dans cette opération, attendu qu'il n'y a aucune différence, sous ce rapport, avec les essais galvanoplastiques. Seulement, avant de se servir de la plaque de cuivre précipité pour l'impression, il convient d'en détacher les portions de couleurs du modèle qui pourraient y adhérer avec un peu d'éther.

II. Je me suis également occupé d'une expérience ayant pour but de reproduire des copies identiques d'une planche de cuivre gravée sans l'intervention d'une empreinte intermédiaire en stéarine; je suis parvenu à obtenir ces copies en précipitant d'abord du cuivre sur la planche originale dans l'appareil ci-dessus décrit, enlevant ensuite la plaque de cuivre précipitée au bout de quelques jours, puis précipitant de nouveau sur cette plaque. La séparation de la planche originale de la plaque précipitée n'a pas présenté de difficultés, du moins avec cette condition, qu'avant chaque opération on fait fondre sur la planche originale de la stéarine qu'on essuie avec un

linge. J'ai observé même que la séparation des deux précipités entre eux s'opérait avec facilité, sans qu'il fût nécessaire d'avoir recours à la stéarine. L'utilité pratique de ce procédé est évidente; l'identité des précipités avec la planche originale permet d'en tirer des épreuves qui ressemblent en tout point à celles que fournit cette dernière : on peut donc ainsi multiplier par impression les épreuves, sans avoir à redouter que la planche originale éprouve de détérioration. De cette manière disparaît un des plus grands désavantages qu'on rencontrait dans la gravure sur acier.

III. Quoique l'exactitude de ces copies soit poussée jusqu'à l'identité, j'ai essayé, pour cette opération, une autre méthode que je vais indiquer, et qui, peut-être, pourra recevoir d'autres applications. Au lieu de charger d'encre d'impression en taille-douce la plaque gravée originale, comme on le fait quand on veut tirer épreuve, je l'ai enduite avec la composition indiquée plus haut (résine Damara, rouge de fer et essence de térébenthine); j'en ai tiré aussitôt une épreuve sur du papier très-fin, puis j'ai étendu mon épreuve sur une plaque d'argent ou de cuivre, de telle façon que la couleur fût appliquée sur le métal; puis, après que cette couleur a été bien séchée, j'ai enlevé le papier au moyen de l'eau, et enfin le dessin ou tableau resté ainsi sur la plaque a été traité comme il a été dit dans le N° I de cet article.

IV. Enfin, je me suis occupé de la précipitation du cuivre dans des formes creuses, et non plus sur des surfaces planes, et je vais faire connaître le résultat auquel je suis parvenu. Un cône massif de stéarine a été enduit avec soin de graphite, et on l'a recouvert d'un cylindre creux, de cuivre, de diamètre tel qu'il n'y eût entre eux aucun contact : on a mis alors en communication le cône avec le pôle zinc, et le cône en cuivre avec le pôle cuivre de l'appareil de M. Jacoby. On a obtenu ainsi au bout d'environ douze heures un précipité mince, un peu raboteux à l'extérieur, et rayonné. La stéarine a été alors retirée du cône en la faisant fondre, afin de pouvoir précipiter un second cône, à surface convexe unie, dans l'intérieur du premier. Cette opération a complètement réussi. Ce cône en cuivre a été alors suspendu avec des lames de plomb dans une solution concentrée de sulfate de cuivre, le sommet en bas et l'ouverture en haut. Dans ce cône on a suspendu un autre cône plus petit en zinc, tourné et enveloppé dans une vessie ou du parchemin. Cette suspension a eu lieu de telle façon,

qu'il n'y eût que les lames de plomb partant de ce petit cône qui touchassent les lames de même métal du grand cône. Dans la vessie, on a versé de l'acide sulfurique étendu, en même temps que cette vessie plongeait à l'extérieur dans la solution cuivreuse. Au bout de quelques jours il s'est formé dans le premier un deuxième cône de cuivre, qu'on a retiré en bon état après avoir enlevé le cône extérieur. De cette manière, je pense qu'avec quelque soin on obtiendra des bustes en cuivre et des statues, non pas par enduit métallique, comme on l'a fait jusqu'ici, mais par une précipitation dans des formes creuses ou des moules, qui réussit très-bien.

V. Il ne paraît même pas nécessaire, en pareil cas, de produire préalablement un précipité cuivreux extérieur, afin de pouvoir ensuite travailler le dedans : il suffit de prendre le moule en creux en cire de l'objet, de l'enduire à l'intérieur d'une couche de graphite, puis d'y suspendre du zinc huilé, enveloppé d'une vessie ou de parchemin, ainsi qu'il a été expliqué ci-dessus.

Comme, dans un procédé d'une importance aussi majeure que l'est la galvanoplastie de M. Jacoby, les moindres faits ont souvent de l'intérêt, j'ai cru qu'il était de mon devoir de communiquer à l'Académie ceux que j'ai constatés, et je me propose de même de lui faire connaître tout ce que la continuation des expériences pourra me présenter de nouveau; en attendant j'ajouterai encore un mot.

L'appareil que j'ai décrit ne m'a guère servi qu'à précipiter de petites surfaces planes, et tout intense et régulière que son action m'ait paru dans ce cas, je l'ai trouvée insuffisante dans des essais plus en grand, principalement avec les formes cubiques, qui déjà ne trouvent plus à se loger dans le petit espace de 6 millimètres (3 lignes) qui existe entre le tambourin et la planche de cuivre, indépendamment de la couche peu épaisse de la liqueur, et plusieurs autres inconvénients qui contribuent encore à cette insuffisance.

Cependant, comme tous les *specimen* que j'ai préparés ont été destinés à donner des épreuves par l'impression, tout se réduit à obtenir un précipité qui soit le moins cassant possible. Le précipité s'est montré éminemment cassant dans deux circonstances :

1° Quand je soumettais les électrodes à une action galvanique trop énergique, de manière à hâter la précipitation.

Dans ce cas, les plus beaux précipités rouges grenus ou mamelonnés étaient aigres, et ceux feuilletés, fragiles.

2° Quand je faisais varier à plusieurs reprises la distance du tambourin, en mettant sous ses pieds des morceaux de bois plus ou moins épais. Dans ces circonstances, le précipité se composait d'une suite de couches ou feuillets superposés les uns aux autres, correspondant aux changements alternatifs de la distance, et qui rendaient la masse entièrement cassante.

Ce que je dis ici est pour éviter les erreurs, car dans mes autres essais je me sers actuellement avec le plus grand succès du grand appareil de M. Jacoby.

CHAPITRE V.

DE LA GALVANOGRAPHIE, PAR M. LE PROFESSEUR FR. DE KOBELL.

J'ai annoncé (*voir* le chapitre III ci-dessus) les premiers essais que j'ai faits d'une méthode au moyen de laquelle on parvient à reproduire avec du cuivre précipité par voie galvanique, des dessins, des images au pinceau dans le genre du lavis et de l'aqua-tinte, de manière à constituer des planches de cuivre qui servent à multiplier ces images comme si elles eussent été gravées, et dont on peut tirer des épreuves. Le succès de ce genre d'opération n'était pas facile à prévoir, car d'après les principes connus de la galvanoplastique, tout excipient pour les couleurs dont on ferait usage, n'étant pas une substance conductrice, devait, quoique déposé sur un fond conducteur, s'opposer au dépôt successif du cuivre, ou l'empêcher de s'opérer régulièrement, ce qui ne pouvait produire qu'une copie imparfaite de la surface colorée, puisqu'une surface de ce genre couverte à plat de vernis ne pouvait plus donner ainsi une reproduction rigoureuse des objets qu'elle représente. Néanmoins, je me suis convaincu par des expériences prolongées qu'avec certaines précautions on parvient à remplir les deux conditions exigées; et pour donner une idée de mes moyens je présenterai ici un extrait de ce que je viens de publier à ce sujet dans mon ouvrage sur la galvanographie qui a paru récemment à Munich.

Une image au pinceau ou un dessin ordinaire qu'on veut multiplier galvanographiquement, est tracée avec une couleur

encaustique dont l'excipient consiste en une solution de cire et un peu de résine Damara (1) dans l'essence de térébenthine, sur une plaque de cuivre doublée d'argent et polie, de telle façon que les places blanches du métal produisent les plus forts effets de lumière, et que les couches les plus chargées et les plus épaisses en constituent les ombres. La couleur qu'on travaille avec une dissolution de cire brute dans l'essence de térébenthine ne doit recevoir que la quantité d'excipient nécessaire, pour qu'après sa dessiccation elle paraisse mate, mais adhère fortement à l'argent. Lorsque l'image doit avoir des ombres très-intenses, les points où celles-ci se trouvent sont chargés avec de la couleur à l'huile, puis saupoudrés de graphite finement pulvérisé qui, après l'époussetage de la plaque, doit légèrement adhérer à cette plaque et y former simplement un enduit velouté.

La plaque avec l'image ainsi préparée est posée alors sur une autre plaque en cuivre et isolée sur les bords avec de la cire; on a conservé à cette dernière plaque une bande qui sert à la mettre en communication avec la plaque de zinc qui constitue le second élément nécessaire de la pile galvanique. Cette plaque de zinc est placée dans une espèce de tambourin sur lequel est tendu un parchemin et qui repose sur des pieds de 25 à 30 millimètres (11 à 13 lignes) de hauteur; ce tambourin est posé sur l'image et sur la plaque en cuivre qui lui sert de soutien. La communication s'établit au moyen d'une lampe de plomb ou bien une bande de ce métal de 8 centimètres (3 pouces) de longueur et 3 centimètres (13 lignes) de largeur.

On met en contact cette dernière avec la plaque de zinc, et on unit au moyen d'un petit étau à vis la bande qu'elle porte avec celle de la plaque de cuivre sur laquelle repose la plaque portant le dessin. Ce système de plaques est mis dans un vase de bois goudronné, ou mieux de verre ou de porcelaine rempli d'une solution de 1 partie en volume de sulfate de cuivre dans l'eau et de 1 partie également en volume de sulfate de cuivre étendu dans une solution de sel de glauber, jusqu'à une hauteur telle que le parchemin du tambour soit baigné ou un peu au-dessous du niveau de la solution vitriolique. Dans ce tambour, et sur la plaque de zinc, on verse, à quelques millimètres

(1) M. le prince de Leuchtenberg, qui s'occupe aussi avec succès de travaux sur la galvanographie a, depuis, substitué à la résine Damara de la gomme laque ordinaire, qui paraît donner plus de finesse et de délicatesse aux dessins, ainsi que sembleraient le constater ceux qu'il a produits à l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg. (*Voir* le chapitre précédent.).

d'épaisseur, de l'eau à laquelle on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique. Il est nécessaire que la plaque de zinc, qui doit, autant que possible, être du zinc laminé, soit maintenue de plusieurs millimètres éloignée du parchemin, ce qui s'exécute au moyen de petits supports de fil de cuivre qu'on fixe dans les parois du tambour, ou avec des tronçons de tubes de verre qu'on place sous cette plaque en zinc. Le cuivre galvanique se précipite d'abord, et à mesure que le sulfate se décompose, sur les parties claires et blanches de la plaque peinte; mais on voit bientôt aussi se former avec le temps, sur la couleur elle-même, de petites protubérances de cuivre qui augmentent peu à peu, et finissent par recouvrir d'une plaque continue l'image tout entière.

Au bout de trois à quatre jours pour les petites plaques, et six à huit pour les grandes (environ la grandeur d'un volume in-4°), la couche de cuivre est assez épaisse pour qu'on puisse l'enlever sous forme de plaque. Toutefois il a fallu veiller à ce que la plaque ne se constituât pas en cuivre cassant, ce qu'on reconnaît aisément à sa couleur mate rouge brun. Quand ce cas arrive, la faute doit être attribuée soit au tambour qui aura été percé, soit à ce que la dissolution cuivrique n'aura pas été suffisamment saturée, soit enfin à ce que la plaque de zinc aura été employée trop longtemps sans avoir été nettoyée. Un tambour qui, plongé à vide dans une dissolution de cuivre et au bout de quelques minutes, laisse passer cette dissolution, ne peut être employé, et pour éviter toutes les autres sources d'erreur, il faut renouveler tous les deux jours cette dissolution et la remplacer par une nouvelle, ou dissoudre du sulfate dans l'ancienne; enfin la plaque de zinc a besoin d'être nettoyée toutes les douze à vingt-quatre heures, ainsi que le tambour, qu'on remplit d'eau fraîche aiguisée d'acide sulfurique. La plaque de plomb elle-même et les bandes qui servent à établir les communications doivent également être maintenues propres.

Lorsque la plaque formée est suffisamment épaisse, on abaisse avec une lime fine et plate les élévations qui se sont formées à l'extérieur, on la place entre deux planches qu'on saisit dans un étau, puis on lime les bords tout autour avec une grosse lime. Avec un peu de précaution on reconnaît aisément le plan de séparation entre la plaque précipitée et celle du dessin, et on en sépare celle galvanique en introduisant entre elles un couteau de corne, en prenant la précaution de commencer par les angles et de suivre sur les

côtés. La planche galvanique est alors débarrassée de la couleur qui peut y adhérer, en la lavant avec un linge mouillé d'éther; puis on lui donne le poli avec une peau et de la chaux éteinte, et en cet état elle est prête pour l'impression.

Cette impression s'exécute avec la presse ordinaire des imprimeurs en taille-douce, et on opère comme pour les épreuves d'une planche à l'aqua-tinte. Ces épreuves ressemblent parfaitement à celles que donne ce mode de gravure.

Suivant la manière dont les planches ont été peintes, celles galvanoplastiques donnent de 300 à 600 épreuves quand elles sont convenablement traitées à l'impression, mais il est facile de tirer plusieurs empreintes d'une planche ainsi obtenue en la copiant ensuite galvaniquement, et on a cet avantage qu'on peut faire aisément à ces copies toutes les corrections qu'on juge nécessaires. Pour cela on précipite une planche de cuivre galvanique sur celle obtenue en creux. Cette planche, au bout de deux à trois jours, peut être enlevée, et il est bien clair qu'avec ce relief on a l'image originale en cuivre dans toute sa rigueur; on peut ensuite, soit en chargeant certains points avec de la couleur, soit en abattant certaines portions avec le grattoir ou le brunissoir, changer à volonté ou améliorer ce qui a ainsi besoin d'une retouche, et quand ensuite on a produit une nouvelle plaque galvanique sur le relief, celle-ci présente naturellement toutes les corrections et les changements qui ont été faits. Toutefois, je ne conseille pas de faire une pareille copie sans faire éprouver à l'original quelques préparations préalables qui empêchent l'adhérence mutuelle des deux planches en cuivre, ce qui a lieu fréquemment lorsque le courant galvanique ne possède pas une force suffisante lors du dépôt de la première couche de cuivre. D'après mes essais, une argenture infiniment mince de la plaque originale est un moyen très-sûr contre cette adhérence, en supposant que la planche à copier ne soit pas trop mince, ni d'un cuivre tellement cassant qu'il soit impossible de l'enlever.

Pour cette argenture, je fais dissoudre du chlorure d'argent dans une solution de sel commun. Dans ce but, on verse goutte à goutte une dissolution un peu étendue de nitrate d'argent dans une solution saturée de sel marin, en remuant continuellement jusqu'à la formation d'un précipité de chlorure d'argent qui ne se dissout plus; on laisse déposer ce dernier précipité, et on fait usage de la liqueur claire. Les plaques qui doivent être argentées sont nettoyées avec une

peau sur laquelle on a étendu de la chaux éteinte, ou avec de l'acide chlorhydrique, etc., puis plongées dans la liqueur; au bout de 5 à 13 minutes elles sont parfaitement argentées; on les retire, on les fait sécher, puis on les frotte légèrement avec la peau. Cette argenture n'altère en rien la gravure en creux que porte la plaque, car elle ne consiste pas en un enduit, mais en un échange du cuivre de la surface contre de l'argent; le premier métal reste dans la dissolution, tandis que le second se précipite à sa place. C'est donc alors sur la plaque argentée que se forme la planche qui donne le relief, et c'est en argentant celle-ci de la même manière qu'on forme enfin la deuxième planche.

Pour obtenir autant que possible de beau cuivre, il est nécessaire, un peu avant d'opérer, de mettre l'appareil quelques heures en activité, puis d'y plonger les plaques, et, dès le commencement, de verser dans l'eau qui couvre le zinc assez d'acide sulfurique pour qu'il en résulte une légère effervescence sur toute la surface de la plaque de zinc.

J'ai conseillé à M. Minsinger, lithographe et imprimeur en taille-douce à Munich, de copier des dessins gravés au burin et à l'eau-forte, et il a déjà obtenu un certain nombre de copies de ce genre qui sont parfaitement venues et sans rencontrer le moindre obstacle.

Pour recueillir l'argent qui se trouve dans le précipité du chlorure de ce métal, lorsqu'on prépare la liqueur pour argenter, il n'y a qu'à jeter cette dernière sur un filtre, enlever le précipité qu'on dépose dans un verre ou une capsule de porcelaine, ajouter quelques rognures de zinc et verser de l'eau dessus. Au bout de 24 heures, le chlorure d'argent est réduit; on décante la liqueur, on enlève le zinc, on verse sur le résidu métallique de l'acide chlorhydrique étendu, qui permet d'en extraire encore du zinc. Enfin, après qu'on a lavé l'argent plusieurs fois à grande eau, on peut le redissoudre dans l'acide nitrique et l'employer de nouveau pour argenter.

Au lieu d'une planche plaquée d'argent, on peut, pour la préparation d'un relief galvanographique, se servir d'une plaque argentée, ainsi qu'il vient d'être dit, ou bien d'une plaque qui aura été platinée, qu'on prépare en ajoutant à une solution concentrée de sel marin une solution de platine jusqu'à ce qu'elle prenne une couleur jaune vineux, et laissant la plaque de cuivre deux à trois heures dans cette liqueur; le cuivre galvanique se prête parfaitement bien à cette opéra-

tion. Toutefois, une planche plaquée d'argent ne s'altère pas par l'usage, et il est facile de la polir de nonveau lorsqu'on a enlevé avec de l'éther les parties chargées de couleur, en supposant d'ailleurs, daus tous les cas, qu'on n'a pas opéré des retouches au burin en creusant la plaque, retouches qui ne doivent se faire qu'avec un outil en bois.

Les frais pour obtenir des planches galvanographiques sont peu considérables, c'est au reste ce que le calcul démontre aisément. Un kilog. de zinc laminé coûte 40 cent., un kilog. de sulfate de cuivre à raison de 70 fr. les 100 kilog. se paie 0,70 cent. Pour produire 1 kilog. de cuivre galvanique, il faut décomposer 4 kilog. de sulfate de cuivre, et transformer environ 500 grammes de zinc en vitriol blanc qu'on peut, par évaporation, obtenir en cristaux et vendre à un bon prix (1).

Quant aux avantages que la galvanographie présente à l'art pour la reproduction et la multiplication de ses créations, ils me semblent assez évidents pour mériter dès à présent l'attention des artistes. Toutes les méthodes que l'on connaît à cet égard jusqu'à ce jour, consistent à reproduire un dessin par des traits ou au pointillé. C'est dans cette catégorie qu'il faut ranger la gravure au burin et à l'eau-forte sur cuivre ou acier, la manière noire, la lithographie, etc. Ces méthodes s'opposent, comme on sait, à ce qu'on fasse usage du pinceau, c'est-à-dire qu'on fasse de la peinture, dans l'acception propre de ce mot. La galvanographie, au contraire, permet l'emploi de celui-ci avec toute la liberté qu'on peut désirer, mais sans exiger une dextérité difficile à acquérir, puisqu'on peut retoucher. Or, comme la plupart des peintres qui ne font usage que du pinceau, ne sont ni graveurs, ni lithographes, leurs œuvres n'ont pu jusqu'à présent être reproduites que par d'autres artistes, taudis que la galvanographie leur offre un moyeu de multiplier eux-mêmes leurs ouvrages originaux. Remarquons, en outre, que toutes les autres méthodes connues dans l'art de la gravure peuvent être combinées avec la galvanographie, et que par conséquent il est beaucoup d'ouvrages d'art qu'on pourra ainsi reproduire, ce qui était impossible jusqu'à ce jour par tout autre moyen. Sous ce rapport, je signalerai seulement ici la gravure à l'eau-forte, qui, dans une plaque galvanographique, peut dans ses détails être retouchée avantageusement, surtout dans les parties colorées, puisqu'il suffit pour cela de couvrir la planche de cuivre d'un

(1) Ces prix seraient plus élevés en France.

vernis transparent et faire mordre ou gratter sur les points indiqués. On peut même, pour obtenir des contours plus nets, ce qu'il n'est guère possible d'atteindre au pinceau, faire mordre sur les traits du dessin d'une image, et prendre, de la plaque traitée ainsi à l'eau-forte, un relief galvanique, peindre ou charger encore celui-ci. La planche ainsi formée présente naturellement l'image reproduite au lavis ou l'aquatinte avec des contours à l'eau-forte, application qui doit être très-avantageuse pour les objets d'architecture. De cette manière, on peut aisément transformer un grand nombre de planches de cuivre portant des esquisses en des dessins, ou des images au lavis et à l'aqua-tinte.

Dans l'ouvrage dont j'ai fait mention plus haut, on trouve les épreuves de huit planches galvanographiques que j'ai ajoutées au texte comme un exemple des applications pratiques qu'on peut faire de cette méthode.

CHAPITRE VI.

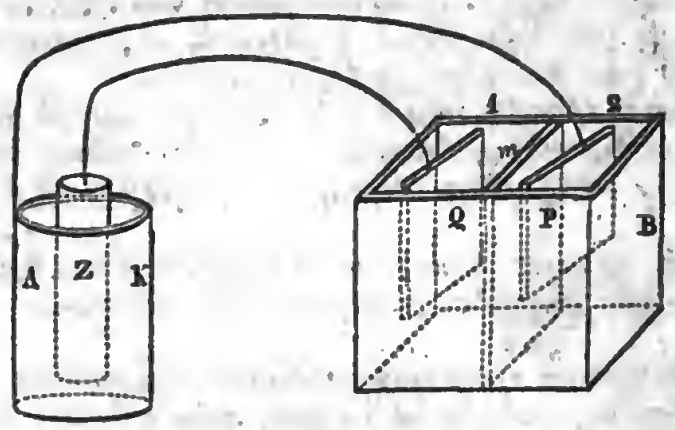
GRAVURE A L'EAU-FORTE SUR ACIER PAR VOIE GALVANIQUE, PAR M. TH. SPENCER, DE LIVERPOOL.

M. Th. Spencer, un des inventeurs de la galvanoplastie, a adressé au docteur Mohr de Coblentz, une lettre sur ce sujet, dont nous extrayons les détails suivants :

« Lorsqu'une plauche en métal doit être gravée à l'eau-forte par voie galvanique, on commence par la couvrir en entier avec une couche légère de vernis, puis on décalque et on trace le dessin à la pointe de manière à bien découvrir sur tous les traits la surface naturelle du métal. Dans ce cas le mode d'opérer est absolument le même que celui qu'on met en usage ordinairement pour la gravure à l'eau-forte. Mais arrivé à ce point, on fixe un fil à la planche qu'on fait communiquer avec l'extrémité négative d'une batterie, ou avec un seul couple voltaïque; puis on complète et ferme le circuit de la manière suivante :

« Soit A le couple électromoteur composé d'une tige de zinc Z et d'un cylindre ou vase de cuivre K rempli en partie avec de l'acide sulfurique étendu. Soit en outre la caisse B divisée en deux cellules par une cloison poreuse *m*, consistant en une vessie, du fort papier ou de l'argile cuite. Dans la cellule 2 on suspend la planche préparée P et sur laquelle on veut

fig. 22.



mordre, dans une solution faible de sel commun, et on la met en communication par un fil avec l'élément cuivre du couple électromoteur. Dans la cellule 1 on suspend une plaque Q de cuivre nu dans une dissolution de sulfate de cuivre, et on la met en communication avec l'élément zinc dudit couple.

» Aussitôt que le circuit est fermé, et que le zinc commence à établir le courant, il se dégage de l'oxygène sur la plaque P, tandis que celle Q donne de l'hydrogène; et cela, en quantités proportionnelles à l'hydrogène qui apparaît en K, et à l'oxygène qui se combine avec le zinc Z. L'oxygène qui se combine avec P, rend le métal soluble dans l'acide, et il en résulte un creusement à la surface de la planche; l'hydrogène de Q réduit une quantité correspondante d'oxyde de cuivre dans la cellule 1; et réduit autant de métal sur Q qu'il en a dissous sur P, en supposant toutefois que P soit une planche en cuivre, car s'il en était autrement, la quantité de cuivre déposée sur Q, serait un équivalent de celle du métal enlevé par l'acide à la planche P.

» On fait marcher l'opération jusqu'à ce que les traits du dessin soient suffisamment profonds; et en établissant avec exactitude la distance et l'angle suivant lesquels les plaques en regard se présentent, on peut régler à volonté la profondeur de ces traits, et même la modifier localement, comme lorsque, dans un paysage, par exemple, le premier plan a besoin d'être plus coloré que les plans postérieurs. De même, lorsque les coups de force, quand il s'agit d'une rosette, d'une étoile, d'une étiquette, ont besoin de ressortir sur un fond moins coloré, on peut, par un rapprochement local et par la position des plaques en regard, amener ce résultat de la manière la plus certaine. En un mot, il n'y a pas de rapport pos-

sible qu'on ne puisse déterminer par l'observation attentive de ce principe, et par des manipulations fort simples.

» Je vais plus loin, et j'ai maintenant la conviction qu'on peut aussi graver des images daguerriennes.

» J'ai aussi réussi à imiter la gravure sur bois ou en relief, avec un tel degré de perfection, qu'on peut à volonté tirer des épreuves de l'original ou des copies sans qu'il y ait de différence.

» Enfin, ce procédé me paraît susceptible d'une foule d'applications sur lesquelles je ne veux pas m'étendre pour le moment.

» La différence entre cette méthode et la gravure à l'eau-forte ordinaire, consiste en ce que, dans celle-ci, les traits mordus, quand on les examine au microscope, présentent une série continue de lignes de profondeur irrégulière; quand on veut creuser davantage, ces lignes s'élargissent au point que la plaque est perdue et que les traits sont rongés par-dessous. Cette méthode ne s'applique donc guère qu'aux esquisses, et encore avec une sorte de limitation et de réserve.

» Ces inconvénients disparaissent par la méthode galvanique. Les lignes observées au microscope forment un canal ou sillon parfait, mais à surface assez rugueuse pour retenir l'encre ou la couleur, et ces lignes peuvent être notablement approfondies sans avoir à craindre qu'elles s'élargissent ou se rongent par-dessous. Lorsque deux lignes se coupent, les arêtes du point de section sont aussi nettes que si elles eussent été tracées au burin.

» Ce procédé me paraît extrêmement précieux pour les artistes habiles qui se distinguent par de beaux dessins à l'eau-forte; ils apprendront sans doute avec plaisir qu'avec les planches ainsi faites, on peut tirer 30 ou 40,000 bonnes épreuves.

» Pendant tout le temps de l'opération, il faut avoir soin de se garantir des gaz qui se dégagent. »

Il paraîtrait, d'après la lettre de M. Spencer, que ce savant s'est occupé, pour la première fois, de ce nouveau mode de gravure, en juin 1840, et qu'il s'en est assuré à cette époque la propriété par une patente. Il annonce qu'en général il ne faut pas plus de une à deux heures pour compléter l'opération, et que dans bien des cas elle est terminée en moins de quelques minutes, et qu'en outre, on reste constamment le maître de donner aux traits telle profondeur qu'on désire.

M. Spencer a essayé sur les divers métaux propres à cet usage, et a réussi sur tous ; principalement avec l'acier, qui est en état alors de fournir un nombre indéfini d'épreuves.

Il annonce aussi qu'il a cherché à faire l'application de ce procédé à tous les genres de gravures, et en particulier à celle des rouleaux pour l'impression des étoffes, ainsi que pour celle des planches qui servent à la décoration des grès et faïences. Il a réussi dans ces deux cas, excepté que dans le second, les traits ne sont pas assez creux et ont encore besoin d'être approfondis par la main du graveur.

Les divers métaux ont besoin, comme de juste, qu'on apporte au procédé des modifications pour réussir dans cette opération ; ainsi, quand on veut graver sur le platine ou l'or, il faut faire mordre avec une solution faible d'acide chlorhydrique, et naturellement ne faire usage d'aucune combinaison d'acide sulfurique ou nitrique.

Si les traits doivent être délicatement et finement tracés, on prend une solution neutre d'un sel dont l'acide n'attaque que faiblement le métal sur lequel il faut mordre. Ainsi, avec le cuivre, on donnera la préférence à un acétate et à un sulfate sur l'acide nitrique. L'acier exige une modification particulière, attendu qu'il faut agir à la fois sur le fer et le carbone. M. Spencer a réussi (mais par un moyen qu'il ne décrit pas), ainsi qu'on a pu s'en convaincre à l'inspection des gravures d'acier trempé qu'il a préparées ainsi, adressées à M. Mohr, et qui représentent un très-beau guilloché d'une finesse et d'une égalité parfaites. Leur préparation par voie galvanique n'a pas duré une heure.

« Du reste, ajoute M. Mohr, le principe théorique sur lequel est basée la gravure à l'eau-forte par voie galvanique, paraît reposer sur les considérations suivantes :

» D'abord, dans la gravure à l'eau-forte ordinaire, il n'y a pas dans les premiers instants formation de gaz ; mais lorsque l'acide nitrique commence à mordre sur le cuivre, alors il se forme dans les traits du deutoxyde d'azote, qui s'oppose à ce qu'une nouvelle portion d'acide vienne en contact avec le métal. Les bulles de ce gaz s'accumulent dans le trait, et puis se lèvent en masse en découvrant de la manière la plus inégale les parties qui doivent être rongées. Lorsqu'on mord sur le zinc ou l'acier, la même chose arrive avec l'hydrogène.

» En second lieu, l'action chimique dans un point est la cause d'un accroissement de cette même action dans le même

point. Une lame d'argent ou de cuivre ne se dissout d'abord qu'avec lenteur dans l'acide nitrique, mais peu à peu l'action devient de plus en plus vive et tumultueuse à mesure que cette réaction chimique se développe avec plus d'activité. C'est ainsi que la chaleur et la combustion s'alimenteut réciproquement, qu'il en est de même de la chaleur et de la formation de l'eau par le platine, et enfin dans une foule d'autres opérations chimiques. Un point sur le cuivre qui se distingue par une action plus énergique, est la cause pour laquelle tout est attaqué autour de lui avec vigueur, parce qu'il forme un foyer où la force se développe avec une nouvelle énergie.

» Dans le procédé de gravure par le galvanisme, le principe de l'affinité chimique se trouve placé dans un autre vase, dans le zinc, et transmis d'une manière très-régulière à la plaque par un fil et un liquide. Enfin, la liqueur dans laquelle la plaque à graver se trouve plongée, peut être rendue tout-à-fait neutre ou faiblement acide, parce qu'elle emprunte son activité, non pas à une force chimique qui lui soit inhérente, mais à une force qui lui est transmise du dehors. Le champ qu'il s'agit de graver n'a donc rien à redouter de l'affinité chimique de l'acide. »

CHAPITRE VII.

DE LA DORURE ET DE L'ARGENTURE ÉLECTRO-CHIMIQUES.

Les inconvénients de la dorure au mercure, procédé si nuisible aux ouvriers par ses émanations délétères, ont fixé depuis longtemps l'attention des savants et des industriels de tous les pays; et de nombreuses recherches furent faites, à différentes époques, pour arriver à la découverte d'un agent de dorure qui pût être substitué au mercure. Malheureusement les premières tentatives, dirigées dans un but si louable, demeurèrent toutes sans résultats. Mais, dès les premiers temps de la découverte de la galvanoplastie, on comptait que ce nouvel agent d'application des métaux les uns sur les autres pourrait être utilisé comme moyen de dorure, et plusieurs savants distingués se mirent à l'œuvre concurremment pour atteindre ce résultat. Déjà les travaux de MM. De la Rive, Elsner, Boettger et Smee avaient fait faire un pas immense à la question, lorsque les découvertes simultanées de MM. Elkington et de Ruolz vinrent résoudre complètement

le problème, en dotant l'industrie d'un procédé de dorure supérieur à tous ceux qu'on avait employés jusqu'ici.

Mais, avant de décrire les procédés de MM. Elkington et de Ruolz, il ne sera pas sans intérêt d'analyser en peu de mots ceux de leurs devanciers. Ils ont le mérite d'avoir paru les premiers dans la carrière, et la description des moyens qu'ils ont employés peut être utile à tous ceux qui voudraient se livrer à de nouvelles recherches sur la dorure galvanique.

§ Ier. EXAMEN DES PROCÉDÉS DE DORURE DE MM. BECQUEREL, DE LA RIVE, ELSNER, BOETTGER, SMEE.

Nous avons dit que les premiers essais de dorure galvanique sembleraient être contemporains de la découverte de la galvanoplastie. On trouve toutefois, dans le *Philosophical Magazine* (1805, tome XXI), l'extrait d'une lettre de Brugnatelli à Van Mons (1), qui paraîtrait de nature à assigner à la dorure électrique et à la galvanoplastie elle-même une date déjà assez reculée. Nous citerons particulièrement le passage suivant :

« *J'ai dernièrement doré d'une manière parfaite* deux grandes médailles en argent, en les faisant communiquer à l'aide d'un fil d'acier, avec le pôle négatif d'une pile de Volta, et en les tenant, l'une après l'autre, plongées dans de l'ammoniure d'or nouvellement fait et bien saturé. »

Plus tard, le savant et trop modeste M. Becquerel, dont les consciencieux travaux ont si bien préparé la découverte de la galvanoplastie, eut souvent l'occasion de constater, en traitant par la pile les minerais de divers métaux, que ces métaux venaient constamment se déposer, sous diverses formes, sur les corps servant d'électrodes négatifs. Ces précipitations, tantôt à l'état d'oxyde pulvérulent, tantôt en cristaux, tantôt en lamelles plus ou moins épaisses, avaient une telle adhérence, qu'il fallait souvent employer le grattoir pour les séparer des corps sur lesquels elles étaient déposées. Les essais de M. Becquerel remontent à l'année 1834.

Nous ne parlerons ici que pour mémoire des procédés de dorure *au trempé*, usités dès cette époque en Allemagne et en Angleterre, et qui ne permettent le dépôt que d'une couche d'or excessivement mince.

Quelques années plus tard, et guidé, comme il le dit lui-même, par les découvertes de M. Becquerel, M. De la Rive,

(1) Voir aussi le *Journal de Chimie et de Physique* de Van Mons.

professeur de physique à Genève, parvint à trouver un moyen de dorure électrique déjà fort remarquable par ses résultats. Voici comment il opérait pour dorer l'argent, le cuivre et le laiton : après avoir été décapé par les moyens ordinaires, l'objet à dorer est placé dans une dissolution de chlorure d'or, aussi neutre que possible, très-étendue, et contenue dans un cylindre de baudruche, plongeant dans un vase de verre ou de faïence rempli d'eau légèrement acidulée par l'acide sulfurique, dans laquelle on plonge un cylindre de zinc entourant la baudruche. Le zinc est mis en communication avec l'objet à dorer au moyen d'un fil métallique. M. De la Rive recommande de n'employer qu'un très-faible courant, si l'on veut obtenir un dépôt régulier. On juge de l'intensité de ce courant par la quantité de gaz qui se dégage sur l'objet à dorer ; ce dégagement doit être à peine sensible : il devient alors très-facile de régler ce courant en enfonçant plus ou moins le cylindre de zinc dans l'eau acidulée, et en ajoutant à cette dernière de l'acide ou de l'eau. Enfin, il est très-essentiel de ne plonger l'objet à dorer qu'en dernier lieu, et lorsque le courant est déjà établi par le contact du zinc avec l'eau acidulée.

Quant à la couleur de la dorure, elle est déterminée, suivant M. De la Rive, soit par le titre de l'or dissous, soit par la nature du métal qu'on dore, soit enfin par le degré de concentration de la dissolution. Il attribue aussi une influence au poli préalable de la surface à recouvrir (1).

Le procédé de M. De la Rive est sujet à plusieurs inconvénients. D'abord, il est insuffisant pour dorer le fer et l'acier ; sur les autres métaux, la couche d'or déposée ne présente ni l'adhérence, ni la solidité, ni l'épaisseur nécessaires pour constituer une bonne dorure. En outre, par suite des effets d'endosmose inhérents à l'appareil adopté par M. De la Rive, une partie de l'or se réduit soit sur le zinc, soit sur la baudruche, et il en résulte une déperdition assez notable d'un métal précieux.

Toutefois, en signalant ces imperfections, nous sommes bien éloigné de vouloir rabaisser la découverte de M. De la Rive, nous nous plaisons, au contraire, à la regarder comme le point de départ de tous les procédés qui ont été imaginés depuis. En un mot, s'il n'a pas été donné à M. De la Rive de

(1) M. Becquerel a démontré, depuis, que cette dernière cause est la plus influente sur la couleur de la dorure.

conduire le nouvel art à sa perfection, il a du moins le mérite incontestable de la priorité.

M. Boettger suivit à peu près la marche tracée par M. De la Rive. Seulement, ayant reconnu les inconvénients attachés à l'emploi d'un cylindre de baudruche, il y substitua, dans son appareil, un tube de verre de 3 à 4 centimètres (1 pouce à 1 pouce 1/2) de diamètre, ouvert par les deux bouts, mais fermé à sa partie inférieure par une membrane de vessie. Au lieu de la dissolution de chlorure d'or simple de M. De la Rive, il employa une dissolution de chlorure double d'or et de sodium. Il remarqua que, pour obtenir une bonne dorure, il fallait attacher les objets avec des fils de platine, et jamais avec des fils de cuivre, qui donnent à la dorure une couleur rouge, parce qu'il se forme, dans ce cas, un alliage de cuivre et d'or à la surface de l'objet. Il en est de même, si les objets en acier sont recouverts, avant la dorure, d'une pellicule de cuivre, ce dernier métal étant attaqué, comme dans le premier cas, par la solution de chlorure d'or.

A l'aide de ces précautions, M. Boettger parvint à dorer parfaitement des objets de fer et d'acier, qu'il avait eu soin de débarrasser de toute trace d'oxyde en les plongeant préalablement dans l'acide hydrochlorique étendu.

Vint ensuite M. Elsner, qui répéta toutes les expériences de M. Boettger avec un appareil différant très-peu du sien; seulement il fit la remarque que le liquide excitant doit être fort peu acidulé; une goutte d'acide sulfurique suffit pour 30 grammes (1 once) d'eau. Les objets les mieux polis sont ceux qui prennent la plus belle dorure, et cette dorure est d'autant plus belle que le courant est moins intense. Mais ce qui constitue le point le plus important du procédé de M. Elsner, c'est l'addition à la solution de chlorure d'or, d'une dissolution de carbonate de potasse. Cette modification faisait déjà entrevoir l'utilité, pour la dorure galvanique, des solutions alcalines d'or qui ont été employées, depuis, avec tant de succès.

Jusque-là, tous les essais de dorure galvanique avaient été faits à l'aide de la pile simple, lorsque M. Smee proposa le premier l'emploi des piles composées (*voyez* N° 195 et suivants), idée neuve, adoptée depuis par M. de Ruolz.

Tel était l'état de la dorure galvanique, lorsque parurent simultanément les découvertes de MM. Elkington et de Ruolz, qui ont amené le nouveau procédé de dorure au haut point de

perfection où il est parvenu aujourd'hui. Nous allons maintenant décrire ces deux dernières méthodes, sans nous occuper d'une question de priorité qui est devenue sans intérêt depuis l'association formée par les deux inventeurs pour l'exploitation en commun de leurs brevets.

§ II. PROCÉDÉ NOUVEAU POUR LA DORURE SANS MERCURE DE L'ARGENT, DU CUIVRE, DU LAITON, DU BRONZE, DU MAILLECHORT, DU PLATINE, DE L'ACIER ET DE L'ÉTAIN, ET POUR L'ARGENTURE DE TOUS CES MÉTAUX ET DU FER, PAR M. H. DE RUOLZ, CHIMISTE.

Depuis longtemps, dans l'intérêt du commerce et de la salubrité publique, les savants et les industriels ont cherché avec ardeur les moyens de substituer pour la dorure un autre procédé à celui du mercure, dont les effets déplorables sur la santé des ouvriers sont généralement connus. Ces effets consistent principalement dans une perturbation du système nerveux, la destruction quelquefois complète de l'intelligence, et la diminution possible de la durée de la vie. Chaque pas fait dans une voie nouvelle est donc à la fois un service rendu aux arts et à l'humanité.

Procédés essayés jusqu'ici. Plusieurs procédés ont été tentés jusqu'à présent; le plus ancien, que nous ne ferons que mentionner, est connu dans le commerce sous le nom de dorure au pouce ou au bouchon, c'est-à-dire par le frottement avec de l'or très-divisé obtenu par précipitation, ou par l'incinération de linges imbibés de chlorure d'or. Ce moyen n'offre aucune solidité, et ne s'applique qu'à l'argent et aux surfaces polies. Leur peu de solidité a fait également proscrire les dorures par les solutions éthérées de chlorure d'or, d'ailleurs trop dispendieuses pour les objets volumineux.

1°. *Procédé anglo-allemand.* Les deux seuls procédés qui méritent de l'intérêt sont :

Un procédé décrit dans le rapport annuel de M. Berzélius pour 1839, comme employé depuis longtemps en Angleterre et en Allemagne. M. Elkington, négociant anglais, a obtenu, pour ce procédé, un brevet d'importation exploité depuis quelques années à Paris par M. E. Lambert. Il consiste à plonger le métal à dorer dans une solution bouillante d'aurate de potasse obtenue par des voies empiriques. D'après les renseignements que nous avons pris dans le commerce, ce procédé donne des résultats avantageux comme apparence, mais offre

trop peu de solidité. Il paraît que c'est à l'aide de procédés particuliers de dérochage qu'on parvient à donner à une très-faible couche d'or l'apparence d'une belle dorure, et que l'on ne peut donner à cette couche une épaisseur suffisante. Au reste, ce procédé ne s'applique qu'à la bijouterie de cuivre; il ne donne aucun avantage ni sur le mercure, ni comme économie sur les *objets fondus*, et ne peut s'appliquer aux *grosses pièces*. Il est donc sans résultat pour le commerce de bronze doré, qui occupe le plus grand nombre des ouvriers doreurs. Il ne s'applique pas non plus à l'orfèvrerie, et par conséquent ne peut remplacer le mercure que dans une spécialité très-restreinte, et qu'un caprice de la mode peut annuler.

2° *Procédé de M. De la Rive.* En avril 1840, dans un mémoire remarquable, M. A. De la Rive a annoncé être parvenu à dorer le laiton et l'argent en se basant sur deux belles découvertes de M. Becquerel, savoir l'action chimique des faibles courants électriques, d'où résulte l'arrivée de l'or, molécule à molécule, sur tous les points de la surface à dorer, et l'emploi de sacs de baudruche ou de vessie pour séparer les dissolutions traversées successivement par le même courant, le courant pouvant ainsi passer sans que les dissolutions se mêlent.

Lorsque parut le beau travail de M. De la Rive, croyant le problème résolu, j'avais abandonné mes recherches depuis longtemps entreprises, mais des informations prises dans le commerce m'apprirent que les industriels qui avaient fait l'essai de ce procédé, y avaient renoncé, principalement à cause de l'impossibilité d'arriver à une couleur franche jaune d'or, et aussi par quelques motifs que nous allons chercher à exposer brièvement.

Il est difficile et coûteux d'obtenir à l'état complètement neutre la dissolution de chlorure d'or dans laquelle plonge l'objet à dorer, et d'ailleurs il est évident qu'à chaque molécule d'or qui se dépose, la partie de chlore qui tenait cet or en dissolution, devenant libre, attaque les points non encore dorés et les noircit. On me répondra que le chlore est porté par le courant, ainsi que l'oxygène, hors de l'enceinte à laquelle la vessie sert d'enveloppe; mais il n'en est ainsi, au moins complètement, qu'en théorie, car il est certain que les pièces se recouvrent d'une couche noire qui nécessite, d'après le mémoire même de M. De la Rive, des lavages à l'eau acidulée et des frictions assez fortes avec un linge à la suite des immersions plus ou moins nombreuses, nécessaires pour dorer la

pièce. Il en résulte l'impossibilité de dorer les objets très-délicats, ni ceux qui présentent des anfractuosités où un linge ou une brosse ne peut pénétrer, ni les objets mats que les frottements brillantent, ni le bronze, mais seulement des surfaces qui peuvent se polir. De plus, la couleur (mémoire cité) n'est pas celle que le commerce exige; elle a toujours un œil noirâtre. L'emploi des sacs de vessie exclut d'ailleurs les pièces d'une grande dimension.

Etat réel de la question. Il est une base à établir, c'est que, pour atteindre le but cherché, la suppression du mercure dans les ateliers, il faut réaliser les conditions suivantes :

1° Dorer tous les métaux employés;

2° Dorer des pièces de toute forme, de toute dimension;

3° Dorer le mat comme le poli;

4° Donner les différentes teintes que le commerce demande.

Les chefs d'établissement ne pouvant avoir des ouvriers différents, et un outillage distinct pour chaque classe d'objets à dorer, n'abandonneront le mercure que quand ils pourront le faire *complètement.* De plus, il faut, comme condition *sine quâ non*, pour déterminer un tel changement d'habitudes, arriver, *sur tous les genres d'objets*, à une économie notable, avec une beauté et une solidité égales.

Considéré ainsi sous son véritable point de vue, le but ne nous semble jusqu'ici atteint par aucun des procédés connus.

Nous espérons que le procédé que nous avons l'honneur d'exposer paraîtra remplir toutes ces conditions.

3° *Procédé Ruolz.* Après de longues recherches et l'emploi de divers moyens plus ou moins imparfaits, que je ne décrirai pas ici, je suis arrivé à m'imposer à moi-même les conditions suivantes :

Agir sur tous les métaux à froid et en employant le courant produit par une forte pile à courant constant.

En effet, en réalisant ce programme, j'obtenais les avantages suivants :

1° N'opérant qu'à froid, j'obtenais une économie notable; l'impossibilité de gauchir ou déformer les objets délicats; une plus grande rapidité d'exécution; plus de facilité à trouver une réserve propre à tracer des dessins; faire sur les pièces des mélanges d'or et d'argent, etc., etc.

2° Par l'emploi d'une forte pile, j'étais dispensé de l'usage des sacs ou cloisons en vessie, qui durent peu, sont délicates à établir et plus ou moins sujettes à des infiltrations, soit à

travers la membrane elle-même, soit à travers les fissures du mastic qui la fixe: j'évitais l'emploi de ce mastic même, et la construction de vases spéciaux plus ou moins compliqués.

N'étant plus astreint à une forme de vase déterminée, je pouvais accroître facilement leurs dimensions, et par suite le nombre et le volume des pièces à dorer.

Par l'emploi d'une pile à courant constant, je devais obtenir beaucoup plus d'égalité dans la dorure.

Enfin, possédant dans la pile un instrument dont je pouvais, à mon gré, augmenter ou réduire l'énergie, il me devenait facile de dorer ou un seul objet ou un grand nombre à la fois, et de réussir également sur les plus petites comme sur les plus grandes surfaces.

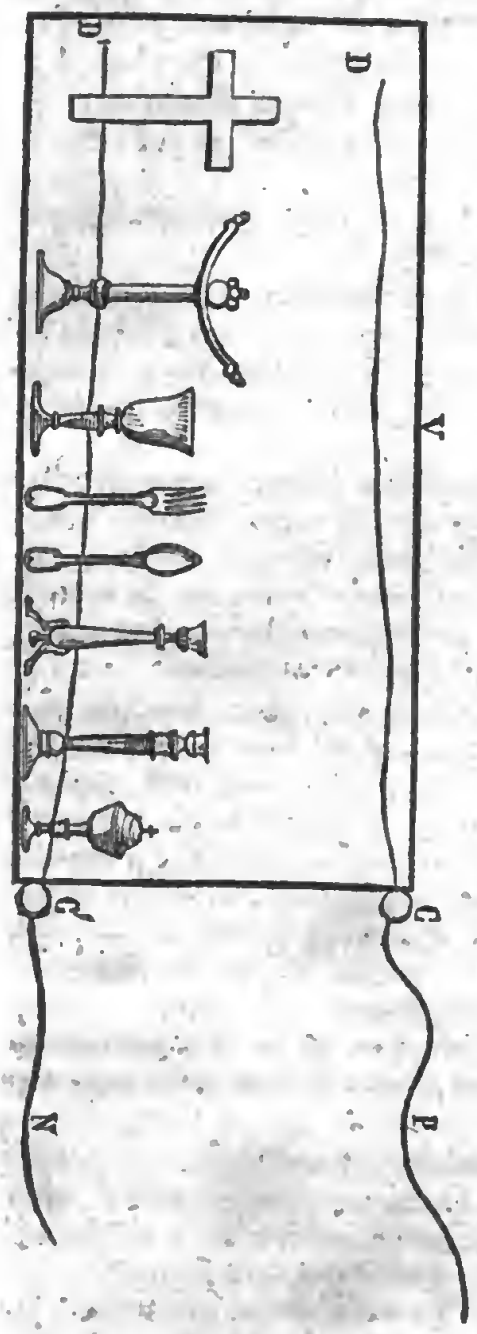
Il y avait de grandes difficultés à vaincre : pour pouvoir plonger les deux pôles de la pile dans le même liquide, il fallait trouver une combinaison d'or dont l'élément électro-négatif fût sans action possible, au moins à froid, sur le métal à dorer. Il me fut démontré que cet élément était le cyanogène, et l'expérience me conduisit aux résultats suivants :

Je dissous 10 parties de cyanure de potassium dans 100 parties d'eau distillée; je filtre et j'introduis dans la liqueur une partie de cyanure d'or préparé avec soin, bien lavé, séché à l'abri de la lumière et broyé avec soin dans un peu d'eau, où je le laisse bien s'hydrater. Je renferme le tout dans un flacon bouché à l'émeri que je remue fréquemment, et que je maintiens à l'abri de la lumière à une température de + 15 à + 25°. Au bout de trois jours environ la solution est complète. Je n'ai plus qu'à filtrer pour l'employer.

Les dissolutions peuvent se préparer au fur et à mesure des besoins prévus; nous en avons conservé trois mois sans aucune altération sensible.

L'habitude seule peut déterminer l'énergie à donner au courant, selon l'étendue de la surface que présente l'objet ou la collection d'objets à dorer. Le mieux est d'avoir à sa disposition une forte pile dont on supprime au besoin le nombre d'éléments convenable. Le vase renfermant la dissolution où plongent les objets à dorer peut être en verre ou en terre. L'objet à dorer est attaché à un fil de cuivre très-fin, allant au pôle négatif; le pôle positif est représenté par un fil de platine. Il est avantageux que ce dernier ne soit pas placé trop près des objets à dorer, et s'étende sur toute leur longueur.

Voici la disposition ou plan de l'appareil.



V, vase contenant la dissolution d'or; P, fil de platine venant du pôle positif, enroulé autour de la cheville de verre C, et descendant au fond du vase où il est étendu jusqu'en D, sur une longueur égale à celle de la ligne d'objets à dorer; N, fil de cuivre venant du pôle négatif, enroulé autour de la cheville de verre C', et descendant au fond du vase où il est étendu jusqu'en D'. Sur ce fil repose la série des objets à dorer.

La durée de l'opération, qui ne dépasse guère la limite d'une à dix minutes, est subordonnée à la surface, aux anfractuosités de la pièce à dorer. Les surfaces polies se dorent plus rapidement que celles à l'état mat. Il est facile à l'opérateur de suivre de l'œil les progrès de la dorure, et de retirer les pièces à mesure qu'elles lui paraissent assez chargées. Avant la dorure elles doivent être bien dérochées par les procédés ordinaires. Après la dorure il suffit de les laver à grande eau, de les bien essuyer et de les sécher dans le son ou la sciure de bois. Elles supportent ensuite parfaitement le polissage ou le brunissage.

L'argent, le platine, le cuivre, le laiton, le bronze, le maillechort, l'acier, préalablement dérochés, sont également bien

dorés par ce procédé ; pour l'étain, nous trouvons avantageux de le recouvrir d'abord d'une légère pellicule de cuivre, à l'aide d'une solution de cyanure de cuivre dans le cyanure de potassium.

Le cyanure d'argent, dissous dans le cyanure de potassium (mêmes proportions que celles données pour l'or), offre pour l'argenture de tous les métaux que nous venons de citer et du fer, des résultats également avantageux. Cette argenture offre une solidité égale à celle du plaqué sur des objets dont la forme compliquée ne permet pas le placage, et elle a sur le fer l'avantage de n'être pas repoussée par la rouille, ainsi que cela a lieu pour le fer argenté par les procédés connus. Ces deux derniers points sont d'une haute importance pour l'art de la sellerie.

Jusqu'ici nous avons employé une pile de cinquante éléments, les plaques ayant environ 135 millim. (5 pouces) de hauteur sur 108 millim. (4 pouces) de largeur.

Les frottements énergiques auxquels résistent cette dorure et cette argenture ne laissent aucun doute sur leur solidité. Il est à remarquer que nous pouvons augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or et d'argent.

Quant à l'économie, nous pouvons déjà offrir au commerce une forte réduction sur les prix les plus inférieurs de la dorure au mercure ; or, nul doute que l'on ne puisse diminuer le prix en raison de l'importance des travaux, puisque les frais généraux et de main-d'œuvre deviendront de plus en plus faibles relativement à la dépense totale, un seul homme pouvant, en quelques minutes, dorer ou argenter un grand nombre de pièces à la fois.

Nous pouvons aisément, en combinant l'énergie du courant et la couleur de la surface à dorer, obtenir les diverses teintes que le commerce emploie. Il est facile aussi de les entremêler sur la même pièce, qui peut offrir des parties dorées de diverses teintes, d'autres bronzées ou argentées.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces détails purement pratiques, mais nous demandons la permission d'établir les points qui nous paraissent caractériser ici l'invention.

1° L'emploi de la pile. Le seul savant qui se soit occupé de l'application de l'électricité à la dorure, M. A. De la Rive, s'exprime ainsi dans son mémoire :

» J'essayai, il y a environ quinze ans, de faire passer le courant d'une forte pile à travers une solution d'or, en mettant

au pôle positif un fil de platine, et au fil négatif l'objet à dorer; *mes essais ne furent pas heureux* : je ne pus, par ce moyen, dorer que du platine, etc. Quant au laiton et à l'argent, *je ne réussis pas à les dorer;* l'action chimique qu'exerçait sur ces métaux *la solution d'or, toujours très-acide, les dissolvait eux-mêmes* et empêchait l'or d'adhérer à leur surface. »

2° L'emploi, pour la première fois, des solutions de cyanures d'or et d'argent, qui, n'attaquant pas le métal à dorer, détruisent l'obstacle qui avait arrêté le physicien que nous venons de citer et empêché jusqu'ici l'action de la pile.

Dans le cours de toutes nos opérations, il se forme au pôle positif divers produits dont l'étude nous a paru mériter un examen particulier qui fera l'objet d'un travail ultérieur.

Nous terminerons en émettant le vœu que ces essais, qui nous ont coûté de longs travaux et des frais considérables, puissent être utiles à la science, d'une part, en portant l'attention des chimistes sur une classe de produits, les cyanures, peu étudiés jusqu'ici à cause de leur peu d'application ; de l'autre, en popularisant l'usage de cet admirable instrument, la pile, que nous appliquons pour la première fois à l'industrie, et dont la construction, jusqu'ici arriérée, fera dès lors, nous n'en doutons pas, des progrès rapides. Qui peut prévoir les découvertes que le hasard même pourra faire naître de la pile répandue dans un grand nombre de mains, de la pile devenue un outil ?

Résumé. Ce procédé repose sur la décomposition, à l'aide d'une forte pile à courant constant, des cyanures d'or ou d'argent dissous dans une proportion donnée de cyanure de potassium.

Le seul savant qui se soit occupé de l'application de l'électricité à la dorure, M. De la Rive, déclare lui-même dans son mémoire n'avoir pu réussir avec la pile et y avoir renoncé.

Quant aux cyanures d'or et d'argent, ils n'ont encore été employés par personne, et rendent praticable et facile l'usage jusqu'ici impossible de la pile.

Enfin, considérant que la suppression du mercure, pour pouvoir s'effectuer dans les ateliers, doit pouvoir être complète, le but ne peut être atteint qu'en remplissant les conditions suivantes :

1° Dorer sur tous les métaux qu'il est d'usage de dorer ;

2° Dorer les objets du plus grand volume, comme ceux les plus délicats ;

3° Donner à volonté les teintes diverses que le commerce désire ;

4° Réussir sur le mat comme sur le poli ;

5° Pouvoir faire sur la même pièce des mélanges de mat et de poli, de diverses teintes, et, au besoin, de bronze, d'or et d'argent ;

6° Offrir une suffisante rapidité d'exécution ;

7° Pouvoir augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or, et faire ou des dorures très-légères et de bas prix, ou des dorures très-fortes et d'un prix plus élevé ; en un mot, pouvoir déposer à la surface d'un objet un poids d'or donné ;

8° Enfin, offrir dans toutes les circonstances une économie notable sur les prix les plus inférieurs de la dorure au mercure.

Notre procédé est le *seul* qui remplisse *toutes* ces conditions, et il s'applique de plus avec le plus grand succès à l'argenture.

§ III. RAPPORT FAIT A L'ACADÉMIE DES SCIENCES SUR LES NOUVEAUX PROCÉDÉS INTRODUITS DANS L'ART DU DOREUR, PAR MM. ELKINGTON ET DE RUOLZ.

« Un art nouveau, de la plus haute importance, car il tend à rendre générales les jouissances du luxe le mieux raisonné, vient, sinon de naître en France, du moins d'y recevoir des développements inattendus. C'est l'art d'appliquer à volonté les métaux les plus résistants ou les plus beaux, en couches minces comme celles d'un vernis, ou en couches plus épaisses, à volonté, sur des objets façonnés avec d'autres métaux moins chers et plus tenaces que ceux-ci.

» Ainsi, des objets en fer, en acier, c'est-à-dire tenaces, durs ou tranchants, mais oxydables à l'air, peuvent, tout en conservant leurs anciennes propriétés, devenir inaltérables au moyen d'un vernis d'or, de platine ou d'argent, vernis si léger et si mince que leur prix s'en ressent à peine.

» Des ustensiles en cuivre, laiton ou étain, qui seraient dangereux ou désagréables, peuvent recevoir la même préparation en couches plus épaisses et devenir inaltérables à l'air, inodores et d'un emploi salubre. Et comme l'agent qui opère de tels effets possède une puissance sans limites, il faut ajouter que ce n'est pas seulement l'or, le platine et l'argent qu'on

peut appliquer sur quelques métaux, mais le cuivre, le plomb, le zinc, le nickel, le cobalt, etc., qui, mis à contribution selon les circonstances, viennent à leur tour changer l'aspect des objets sur lesquels on les force à se déposer, ou bien leur communiquer des propriétés utiles et nouvelles.

» C'est assez dire que l'agent qui détermine ces précipitations métalliques n'est autre chose que la pile, mais la pile appliquée à des dissolutions d'une nature convenable et dont jusqu'ici la nécessité n'avait point été comprise pour ces sortes de réactions.

» Nous demanderons à l'Académie la permission de l'arrêter quelques moments sur un art qui aura pour effet presque certain de détruire tous les ateliers si dangereux de dorure au mercure; qui transportera jusque dans la plus humble chaumière l'usage agréable et salubre de l'argenterie; qui permettra d'appliquer le vermeil à une foule d'objets d'usage commun, et qui, par cela même, provoquant une déperdition considérable des métaux précieux, viendra ranimer l'exploitation des mines d'argent, rehausser le prix avili de ce métal, et faire équilibre à l'excès de production, qui à son égard se manifeste depuis longtemps d'une manière si frappante.

» La Commission formée au Ministère des Finances, par M. Lacave-Laplagne, pour l'examen de nos monnaies, de nos ateliers monétaires et la refonte générale de tous nos métaux en circulation, verra donc avec plaisir une découverte qui tend à corriger un inconvénient dont elle s'était vivement préoccupée, l'accumulation excessive de l'argent en France, qui en moins de quinze années a vu doubler son capital en argent et disparaître les 5/7 au moins de son capital en or. Mais elle verra peut-être aussi avec quelque inquiétude qu'à tant de causes qui menacent la situation de nos monnaies en circulation, les procédés nouveaux, les forces nouvelles dont l'industrie s'empare, viennent ajouter des moyens de fraude jusqu'à présent inconnus. Chacun de ses membres trouvera, nous n'en doutons pas, dans ce peu de paroles où nous ne pouvons pas néanmoins dire toute notre pensée, un motif grave et profond pour appeler de tous ses vœux et pour susciter autant qu'il est en lui de le faire, la mise en pratique des résolutions longuement élaborées qui auraient pu déjà placer nos monnaies dans une situation moins dangereuse pour le pays et mieux en harmonie avec l'état actuel des sciences et des arts.

» Les détails dans lesquels nous allons entrer feront aisément comprendre, en effet, les conditions nouvelles dans lesquelles va se trouver le commerce et le maniement des métaux précieux, en présence d'un art qui permet de dorer, d'argenter, de platiner toute matière métallique, à toute épaisseur, sans altérer en rien ses formes les plus délicates; d'un art qui, avec l'objet, permet de refaire le moule, tout comme avec le moule il donne le moyen de reproduire l'objet; d'un art, enfin, où les produits s'obtiennent sans bruit, sans appareil, sans dépense première, sans main-d'œuvre, et où le moindre emplacement suffit pour une exploitation étendue.

» La Commission connaît toute la gravité de ses paroles; elle les a mûrement pesées. Mais il était de son devoir de réveiller, alors qu'il en est temps, et en présence d'un danger inévitable, la sollicitude de l'administration et celle du commerce.

» La dorure sur laiton et argent, celle qui se pratique le plus, se faisait constamment, il y a peu d'années encore, au moyen du mercure. Après avoir décapé soigneusement la pièce, on la barbouillait d'un amalgame d'or, puis on la passait au feu; le mercure s'évaporant, laissait l'or à la surface de la pièce. Mais, dans la pratique d'un pareil procédé, les ouvriers, exposés sans cesse au contact du mercure liquide ou à l'action du mercure en vapeurs, éprouvent au plus haut degré les funestes effets de l'empoisonnement par les émanations mercurielles.

» L'Académie a toujours pris un intérêt particulier au perfectionnement de cette industrie, sous le rapport de la salubrité. En 1818, un prix de 3000 francs, fondé par un ancien doreur sur bronze, M. Ravrio, a été décerné par elle à notre confrère M. d'Arcet, qui, à cette époque, n'avait pas encore été appelé dans son sein par la Section de Chimie. Depuis lors, l'Académie n'a pas perdu de vue l'art du doreur; elle a suivi tous les essais dont il a été l'objet, avec l'espoir d'y trouver la solution d'une question si digne de la sollicitude de tous les amis de la classe ouvrière.

» C'est dans cet esprit que la Commission des arts insalubres est venue proposer cette année à l'Académie, de récompenser l'introduction dans les arts de la dorure galvanique, ainsi que la découverte de la dorure par voie humide, qui, mise en pratique sur le laiton, tant en Angleterre qu'en

France, y est devenue l'objet d'un commerce important, sûr garant de son succès et de sa valeur.

» La Commission distingua l'un de l'autre ces deux procédés de dorure, par la raison que le premier, qui repose sur l'emploi de la pile, permet d'obtenir de la dorure à toute épaisseur et de dorer tous les métaux, ce qui l'assimile au procédé de la dorure au mercure, tandis que le second fournit une dorure mince, qui ne remplace réellement pas la dorure au mercure, et qui, le plus souvent, ne s'applique pas aux mêmes objets. Cependant elle soumit les ateliers où se pratique la dorure par voie humide à un examen scrupuleux; elle en étudia les procédés avec soin; elle les fit répéter et varier sous ses yeux.

» Mais au moment où elle allait faire connaître son opinion à l'Académie, de nouveaux incidents vinrent compliquer la question, en lui donnant des proportions et un intérêt tout-à-fait imprévus.

» En effet, la Commission connaissait diverses publications ou documents émanés de M. De la Rive, professeur de physique et correspondant de l'Académie, où cet habile physicien fait connaître les résultats qu'il a obtenus par la dorure exécutée au moyen de la pile, en agissant sur des dissolutions de chlorure d'or. Ce procédé, dont la Commission avait compris tout l'avenir, permet d'augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or; mais il offre des inconvénients réels, dus à quelques difficultés d'exécution et à certains défauts d'adhérence entre l'or et le métal sur lequel on l'applique. Le principe physique, base du nouvel art, une fois trouvé, il fallait encore y joindre toutes les ressources chimiques nécessaires pour rendre la dorure solide, brillante, capable de prendre le mat, le bruni et les couleurs; enfin, il fallait surtout rendre l'opération économique.

» La Commission connaissait aussi tout ce qui concerne le procédé de dorure par voie humide, tel que le pratique M. Elkington, soit en France, soit en Angleterre, et elle avait constaté que ce procédé ne pouvait pas remplacer, dans le plus grand nombre des cas, la dorure au mercure. En effet, par la voie humide on ne peut fixer qu'une quantité d'or tellement faible à la surface de la pièce, qu'il est impossible à la meilleure dorure par voie humide d'atteindre l'épaisseur à laquelle la plus mauvaise dorure au mercure est forcée d'arriver.

» Ainsi, il restait quelques doutes dans l'esprit de la Com-

mission, sur l'efficacité du procédé de M. De la Rive dans la pratique, quoiqu'il parût de sa nature capable de remplir l'objet que se propose la dorure au mercure, et elle était demeurée convaincue que, de son côté, le procédé de M. Elkington ne remplace pas la dorure au mercure, tout en constituant une nouvelle et très-intéressante industrie. La Commission avait cru pouvoir conclure de ses essais, que le procédé de M. De la Rive donne une dorure assez épaisse, mais manquant de solidité, d'adhérence, tandis que celui de M. Elkington, où l'adhérence est parfaite, ne donne pas l'épaisseur qu'exigent les pièces bien fabriquées au mercure.

» Diverses réunions de la Commission, où les représentants de M. Elkington avaient été appelés, avaient fourni l'occasion à ses divers membres d'exprimer très-nettement leur opinion sur ce point, et l'on n'avait fait connaître aucune solution à la difficulté dont nous étions préoccupés.

» Sur ces entrefaites, l'Académie reçut de M. de Ruolz un Mémoire où se trouvent décrits des procédés dans lesquels l'auteur, combinant l'emploi de la pile et celui des dissolutions d'or dans les cyanures alcalins, arrive à obtenir sur tous les métaux une dorure à la fois adhérente, solide et d'une épaisseur susceptible de se modifier à volonté, depuis des pellicules infiniment minces, jusqu'à des lames de plusieurs millimètres. Généralisant son procédé, M. de Ruolz l'applique à l'or, à l'argent, au platine et à nombre d'autres métaux plus difficiles à réduire.

» Ce Mémoire, les produits qui l'accompagnaient, avaient vivement excité l'intérêt de la Commission, lorsque l'agent de M. Elkington, à Paris, s'empressa de soumettre à l'Académie un brevet pris par M. Elkington, et antérieur de quelques jours à celui de M. de Ruolz. La Commission reconnut, en effet, avec surprise, que ce brevet existait, qu'il renfermait la description d'un procédé pour l'application de l'or, ayant de l'analogie avec celui de M. de Ruolz, et elle est encore à comprendre aujourd'hui par quels motifs on lui a caché l'existence de ce brevet, qui répondait victorieusement à toutes ses objections, tant qu'il n'était pas encore question de M. de Ruolz et de ses procédés.

» Quoi qu'il en soit, son devoir était tracé; elle s'est efforcée de le remplir. Les mandataires de M. Elkington ont opéré en sa présence; M. de Ruolz en a fait autant; les uns et les autres ont remis entre ses mains tous les documents qu'ils ont

cru propres à l'éclairer; l'analyse de ces documents, le récit de ces expériences mettront l'Académie en état de porter un jugement sur la valeur des procédés des deux inventeurs.

» Nous diviserons ce rapport en trois parties : la première est relative au procédé par voie humide, tel que le pratique en grand M. Elkington; la seconde a trait au procédé galvanique du même industriel ; la troisième, enfin, a pour objet les procédés de M. de Ruolz.

1° *Dorure par voie humide.*

» La dorure par voie humide s'obtient par un procédé très-simple en pratique, mais dont l'explication ne se présentait pas d'une manière très-satisfaisante à l'esprit des chimistes, et qui, par cela même, d'ailleurs, devait offrir et offrait en effet des irrégularités inexplicables à l'emploi.

» Ce procédé consiste à dissoudre l'or dans l'eau régale, ce qui le convertit en perchlorure d'or ; à mêler celui-ci avec une dissolution d'un grand excès de bicarbonate de potasse, et à faire bouillir le tout pendant assez longtemps. On plonge ensuite, dans la liqueur bouillante, les pièces de laiton, de bronze ou de cuivre bien décapées, et la dorure s'applique immédiatement, une portion du cuivre de la pièce se dissolvant pour remplacer l'or qui se précipite.

» Dans une note adressée à l'Académie, un chimiste anglais, M. Wright, a fait connaître les résultats des recherches entreprises par lui, conjointement avec M. Elkington, et d'où dériverait une explication plus satisfaisante de ce procédé que celles qui ont été proposées jusqu'ici.

» Il résulte de leurs expériences, que le perchlorure d'or ne convient pas bien à la dorure; que le protochlorure réussit beaucoup mieux. Ils expliquent par là comment il est nécessaire de faire bouillir longtemps le perchlorure d'or avec la dissolution de bicarbonate de potasse ; car, pendant cette ébullition prolongée, le perchlorure passe lentement et difficilement, il est vrai, au minimum. La liqueur prend ainsi une teinte verdâtre. Mais le choix du bicarbonate de potasse influe beaucoup sur le résultat. Ce sel renferme presque toujours des traces de substances organiques capables de réduire le perchlorure d'or à l'état de protochlorure. Quand le bicarbonate de potasse est trop pur, quand ces matières organiques manquent, l'opération ne réussit donc qu'avec difficulté, tandis

que la présence de ces mêmes matières la rend très-aisée à conduire. Du reste, l'acide sulfureux, l'acide oxalique, le sel d'oseille, et bien d'autres matières organiques ou minérales, peuvent jouer ce rôle, et rien n'empêche de les ajouter au liquide peu à peu jusqu'à complet retour de l'or à l'état inférieur de chloruration.

» D'après ses propres essais, votre Commission est disposée à croire que l'opinion de MM. Wright et Elkington est fondée. Elle regarde donc le liquide employé à la dorure par la voie humide, comme essentiellement formé d'une combinaison de protochlorure d'or et de chlorure de potassium dissoute dans un liquide très-chargé de carbonate et même de bicarbonate de potasse. Bien entendu qu'on pourrait envisager la liqueur comme renfermant du protoxyde d'or dissous dans la potasse, et supposer tout le chlore à l'état de chlorure de potassium.

» Si l'expérience démontrait à l'avenir que les métaux se précipitent mieux quand on prend leurs dissolutions au même état de saturation que le sel qui doit les remplacer, la remarque de MM. Wright et Elkington aurait de l'importance. Ils pensent, en effet, que ce qui assure le succès de la dorure par voie humide, c'est que le chlorure de cuivre qui prend naissance étant un chlorure à 2 atômes de chlore, on doit employer un chlorure d'or renfermant aussi 2 atômes de chlore, et non point un chlorure qui en contienne 3, comme c'est le cas pour le perchlorure d'or.

» Du reste, pour apprécier le véritable rôle de la dorure par voie humide dans les arts, il nous suffira de rapporter ici les analyses de diverses plaques dorées soit au mercure, soit par la voie humide, et essayées par les soins de notre confrère M. d'Arcet, au laboratoire de la Monnaie. Des plaques de l'alliage connu dans le commerce sous le nom de *bronze*, ont été remises à divers fabricants qui se sont chargés de les faire dorer. Ils ont cherché à obtenir la dorure la plus forte et la dorure la plus faible, en demeurant toutefois dans les limites des habitudes commerciales.

» Voici les résultats obtenus sur des plaques de 1 décimètre carré :

Quantité d'or par décimètre carré dans la dorure au mercure.

	Par M. Plu.	Par M. Denière.	Par M. Beaupray.
	gr.	gr.	gr.
Dorure maximum. . .	0,1420 . .	0,2333 . .	0,2595
Dorure minimum. . .	0,0428 . .	0,0736 . .	0,0695

» La quantité d'or, dans les deux cas, varie donc dans le rapport 100 : 16,5, ou sensiblement de 6 : 1.

» Voici maintenant les résultats obtenus par la voie humide.

Quantité d'or par décimètre carré dans la dorure par voie humide.

	Par MM. Bonnet et Villermé.	Par M. Elambert.
	gr.	gr.
Dorure maximum. . . .	0,0353 . . .	0,0422
Dorure minimum. . . .	0,0274 . . .	»

» Ainsi, la meilleure dorure par voie humide ayant fixé 0,0422 d'or par décimètre carré, et la plus pauvre au mercure en ayant pris 0,0428, on voit que la dorure par voie humide arrive à peine, dans le cas le plus favorable, au degré d'épaisseur que la plus mauvaise dorure au mercure est obligée d'atteindre.

» Ce sont donc deux industries distinctes : l'une ne peut pas remplacer l'autre.

2° *Procédé galvanique de* M. Elkington.

» Comme ce procédé est assez simple et que sa description n'est pas bien longue, nous donnerons ailleurs le texte du brevet; ici, une analyse suffira.

» M. Elkington prend 31 grammes 25 centigr. d'or converti en oxyde, 5 hectogrammes de prussiate de potasse, et 4 litres d'eau. Il fait bouillir le tout pendant une demi-heure; dès-lors le liquide est prêt à servir. Bouillant, il dore très-vite; froid, il dore plus lentement. Dans les deux cas, on y plonge les deux pôles d'une pile à courant constant, l'objet à dorer étant suspendu au pôle négatif, où le métal de la dissolution vient se rendre.

» Dans le brevet de M. Elkington, le mot prussiate de potasse, qui est employé sans autre définition, pouvait laisser de l'incertitude, car les chimistes connaissent trois prussiates de potasse : le prussiate simple, le prussiate jaune ferrugineux et le prussiate rouge. Le mandataire de M. Elkington, prié de s'expliquer sur ce point, nous a dit que le brevet entendait parler du prussiate simple, du cyanure de potassium. En effet, lorsqu'il a exécuté devant nous ses procédés, c'est le cyanure simple de potassium qu'il a mis en usage.

» Dans les essais que nous avons faits du procédé de M. El-

kington, nous avons doré du laiton, du cuivre et de l'argent.

» En opérant sur une cuillère de dessert en argent, avec la liqueur portée à 60° centigrades, on obtient une dorure rapide et régulière. A peine immergée, la cuillère était déjà couverte d'or. Par chaque minute, il s'en déposait environ 5 centigrammes, et nous n'avons pas prolongé l'expérience lorsque, après six pesées successives, nous avons reconnu que la quantité demeurait la même pour le même temps.

» On peut donc augmenter l'épaisseur de la couche d'or à volonté, et se rendre compte de cette épaisseur par la durée de l'immersion.

» Mais le cyanure de potassium simple est un sel coûteux, difficile à conserver en dissolution, dont l'emploi susciterait divers obstacles en fabrique, et il reste douteux qu'en l'employant, la dorure se fît à meilleur compte que par la méthode actuelle au mercure.

3° *Procédés galvaniques de M.* DE RUOLZ, *pour l'application d'un grand nombre de métaux sur d'autres métaux.*

» Ainsi que nous l'avons fait remarquer plus haut, tandis que M. Elkington sollicitait une addition à ses brevets, M. de Ruolz, de son côté, prenait un brevet d'invention pour le même objet. Le brevet de perfectionnement de M. Elkington est du 8 décembre 1840; celui de M. de Ruolz, du 19 décembre. Tout démontre que M. de Ruolz a travaillé de son côté, sans connaître la demande de M. Elkington; d'ailleurs, ses procédés sont aujourd'hui fort différents de ceux de l'industriel anglais.

» Laissant de côté ces questions de brevet que nous n'avons pas à examiner, et nous renfermant dans la discussion scientifique, nous allons exposer à l'Académie les résultats remarquables obtenus par M. de Ruolz.

» *Dorure.* — Pour appliquer l'or, M. de Ruolz emploie la pile, comme le font MM. De la Rive et Elkington; mais il a éprouvé une telle variété de dissolutions d'or, qu'il lui a été facile d'en trouver de moins chères et de plus convenables que celle dont M. Elkington fait usage lui-même.

» Ainsi, il s'est servi 1° du cyanure d'or dissous dans le cyanure simple de potassium; 2° du cyanure d'or dissous dans le cyano-ferrure jaune; 3° du cyanure d'or dissous dans le

cyano-ferrure rouge; 4° du chlorure d'or dissous dans les mêmes cyanures; 5° du chlorure double d'or et de potassium, dissous dans le cyanure de potassium; 6° du chlorure double d'or et de sodium dissous dans la soude (1); 7° du sulfure d'or dissous dans le sulfure de potassium neutre.

» Les chimistes seront même étonnés, à entendre tous ces procédés, que le dernier de tous, celui qui repose sur l'emploi des sulfures, soit le plus convenable, et qu'appliqué à dorer des métaux, tels que le bronze et le laiton, dont on connaît la sensibilité en ce qui concerne la sulfuration, il réussisse à merveille et en donnant la dorure la plus belle et la plus pure de ton.

Du reste, tous ces procédés réussissent bien, et les trois derniers, en particulier, permettent de dorer tous les métaux en usage dans le commerce, et même des métaux qui, jusqu'ici, n'y ont pas été employés.

» Ainsi, l'on peut dorer le platine soit sur toute sa surface, soit sur certaines parties, de manière à obtenir des dessins d'or sur un fond de platine.

» L'argent se dore si aisément, si régulièrement, et avec des couleurs si pures et si belles, qu'il est permis de croire qu'à l'avenir tout le vermeil s'obtiendra de la sorte. On varie à volonté l'épaisseur de la couche d'or, sa couleur même. On peut faire sur la même pièce des mélanges de mat et de poli. Enfin, on dore avec une égale facilité les pièces à grandes dimensions, les pièces plates ou à reliefs, les pièces creuses ou gravées et les filaments les plus déliés. Les échantillons mis sous les yeux de l'Académie nous dispensent de tout détail à cet égard.

» Tout ce qu'on vient de dire de l'argent, il faut le répéter du cuivre, du laiton, du bronze. Rien de plus aisé, de plus régulier que la dorure des objets de diverse nature que le commerce fabrique avec ces trois métaux. Tantôt l'or, appliqué en pellicules excessivement minces, constitue un simple vernis propre à garantir ces objets de l'oxydation; tantôt, appliqué en couches plus épaisses, il est destiné à résister, en outre, au frottement et à l'usage. Par un artifice très-simple, on peut varier l'épaisseur de la couche d'or, la laisser mince partout où l'action de l'air est seule à craindre; l'épaissir, au contraire, là où il importe d'empêcher les dégradations dues au frottement. La bijouterie tirera grand parti de ces moyens,

(1) Le sel de potasse analogue ne réussit pas.

mais la science y trouvera aussi sa part d'avantages. Ainsi, rien ne nous empêche, à l'avenir, de dorer à bon marché tous ces instruments de cuivre qui se dégradent si rapidement dans nos laboratoires; de nous procurer des tubes, des capsules, des creusets de cuivre doré qui remplaceront des vases d'or nécessaires quelquefois, et que nul chimiste ne possède aujourd'hui.

» En effet, parmi les pièces déposées sur le bureau de l'Académie, se trouve une capsule de laiton dorée qui a résisté très-efficacement à l'action de l'acide nitrique bouillant.

» Le packfong prend très-bien la dorure par ce procédé, et il devient facile de convertir en vermeil les couverts en packfong, déjà assez répandus et qui ne sont pas sans danger.

» L'acier, le fer se dorent bien et solidement par cette méthode, qui n'a aucun rapport, à cet égard, avec les procédés si imparfaits de dorure sur fer ou acier; seulement, il faut commencer par mettre sur le fer ou l'acier une pellicule cuivreuse. Les couteaux de dessert, les instruments de laboratoire, les instruments de chirurgie, les armes, les montures de lunettes et une foule d'objets en acier ou en fer, recevront ce vernis d'or avec économie et facilité. Nous avons constaté que divers objets de cette nature avaient été reçus avec une vive satisfaction par le commerce. L'emploi des couteaux dorés à l'usage habituel nous a fait voir, d'ailleurs, que cette application était de nature à résister à un long usage, quand la couche d'or était un peu épaisse.

» L'étain a été, sous ce rapport, l'objet d'expériences très-intéressantes de M. de Ruolz. Il s'est assuré qu'il ne se dore pas très-bien par lui-même; mais vient-on à le couvrir d'une pellicule infiniment mince de cuivre, au moyen de la pile et d'une dissolution cuivreuse, dès-lors il se dore aussi aisément que l'argent. Le vermeil d'étain est même d'une telle beauté, qu'on peut assurer que le commerce saura trouver d'utiles débouchés à ce nouveau produit, quoiqu'il soit de notre devoir d'ajouter qu'à raison du prix élevé de l'or, il devient difficile de mettre sur des couverts d'étain une couche d'or suffisante pour les rendre durables, sans élever trop leur prix.

» La Commission a mis un grand intérêt à s'éclairer, d'une manière précise, sur les circonstances de l'opération au moyen de laquelle on applique l'or sur les divers métaux. Diverses questions se présentaient : pouvait-on, en effet, augmenter à

volonté l'épaisseur de la couche d'or, de manière à produire les mêmes effets qu'au moyen du mercure, ou même de manière à aller plus loin? Le dépôt du métal se faisait-il régulièrement ou d'une manière variable? Quelle était la part de la température du liquide, de sa concentration, du nombre des éléments de la pile, de la nature des métaux employés? Votre Commission, sans prétendre à approfondir ces questions, comme elles le seront par de plus longues recherches, a voulu, dès à présent, les aborder nettement, pour les traiter au point de vue pratique.

» 1° La précipitation de l'or est régulière; elle est exactement proportionnelle au temps de l'immersion : circonstance précieuse qui permet de juger de l'épaisseur de la dorure par la durée de l'opération, et de la varier à volonté. Pour le prouver, il suffit de rapporter ici quelques-unes de nos expériences.

» On a opéré sur un liquide renfermant 1 gramme de chlorure d'or sec dissous dans 100 grammes d'eau contenant 10 grammes de cyano-ferrure jaune de potassium.

» La pile était chargée avec du sulfate de cuivre et du sel marin à 10° du pèse-sel. On a employé 6 éléments de 2 décimètres de chaque côté.

» Nous avons opéré d'abord sur des plaques en argent poli de 5 centimètres de côté; la surface à dorer était donc de 50 centimètres carrés.

Température du liquide, 60° cent.

	Or déposé. gr.
Première immersion de deux minutes.	0,063
Deuxième immersion.	0,063
Troisième immersion.	0,063
Moyenne.	0,063

Température du liquide, 35° cent.

	Or déposé. gr.
Première immersion de deux minutes.	0,028
Deuxième immersion.	0,028
Troisième immersion	0,030
Quatrième immersion..	0,029
Cinquième immersion.	0,027
Sixième immersion.	0,029

Septième immersion.	0,030
Huitième immersion.	0,030
Neuvième immersion.	0,029
Dixième immersion.	0,028
Onzième immersion.	0,029
Douzième immersion.	0,027
Moyenne.	0,0296

Température du liquide, 15° cent.

	Or déposé. gr.
Première immersion de deux minutes.	0,009
Deuxième immersion.	0,013
Troisième immersion.	0,014
Quatrième immersion.	0,014
Cinquième immersion.	0,013
Moyenne.	0,0126

» Ainsi, comme on voit, rien de plus régulier que tous ces nombres; les différences tiennent probablement plutôt à l'incertitude des expériences et des pesées, qu'au procédé lui-même. Quant à l'influence de la température, elle est manifeste, et la rapidité du dépôt augmente beaucoup avec la température de la dissolution.

» La nature du métal à dorer exerce probablement peu d'influence, pourvu qu'il soit bon conducteur. L'expérience suivante semble du moins le prouver; elle sera d'ailleurs confirmée par d'autres renseignements.

» On a doré, en effet, une plaque de laiton de 5 centimètres de côté, avec les mêmes éléments, le même liquide et en opérant exactement dans les mêmes circonstances de température que pour la plaque d'argent qui avait servi à notre dernière opération. On va voir que le poids de l'or déposé s'est montré exactement le même.

Plaque de laiton de 5 centimètres de côté. — Température du liquide, 15° cent.

	Or déposé. gr.
Première immersion.	0,010
Deuxième immersion.	0,013
Troisième immersion.	0,012

Quatrième immersion.	0,012
Cinquième immersion.	0,013
Sixième immersion.	0,012
Moyenne.	0,012

» Nous avons remarqué, dans ces sortes d'essais, que la première immersion était souvent moins efficace que les immersions suivantes. Cette circonstance s'explique par la difficulté qu'on éprouve toujours à nettoyer le métal au point de le rendre capable de se mouiller immédiatement sur toute sa surface. Une fois vaincue, cette cause d'erreur ne se reproduit plus dans les épreuves suivantes. Tout en l'expliquant par une circonstance accidentelle, il nous resterait à ce sujet quelques doutes que nous soumettons aux physiciens. Ils auront à vérifier si cette particularité ne tiendrait pas à une certaine résistance de la part d'un métal à se déposer sur un autre métal, résistance qui disparaîtrait quand il ne s'agit plus que de se déposer sur lui-même (1).

» En un mot, dans beaucoup de nos épreuves, quand l'or, par exemple, se déposait sur des plaques dorées, le poids du dépôt était toujours le même pour un temps donné, tandis que dans la première immersion où l'or devait se déposer sur l'argent ou le bronze, le poids du dépôt était plus faible.

» *Argenture.* — Tout ce que nous venons de dire des applications de l'or, il faut le répéter de celles de l'argent. M. de Ruolz est également parvenu, au moyen du cyanure d'argent dissous dans le cyanure de potassium, à appliquer l'argent avec la plus grande facilité.

» L'argent peut s'appliquer sur l'or et sur le platine, comme affaire de goût et d'ornement.

» Il s'applique très-bien aussi sur laiton, bronze et cuivre, de manière à remplacer le plaqué.

(1) Des expériences récentes faites par le prince Bagration, et répétées par le docteur Sandonnini, expliquent d'une toute autre manière le peu d'épaisseur de la couche d'or lors de la première immersion. Suivant l'opinion de ces savants, ce phénomène serait dû à l'action que le liquide exerce toujours sur les objets à dorer, quelque soin qu'on ait pris pour le rendre neutre. Il en résulte que, lors de la première immersion, le métal à dorer cède à la solution une partie de son propre poids à peu près proportionnelle au poids de l'or qu'il reçoit. Il n'est donc pas étonnant que la pesée la plus exacte accuse un poids d'or réduit moindre que dans les immersions ultérieures, puisque dans ces dernières immersions la réaction de la solution ne peut plus avoir lieu sur la plaque d'essai, protégée désormais par la première couche d'or réduit. Cette explication paraît plus satisfaisante que celle de M. Dumas; elle ne suffit pas, toutefois, pour dissiper toute espèce de doute sur cette importante question. (Voir le *Manuel complet de Dorure et d'Argenture Electro-Chimiques*, de l'Encyclopédie-Roret.)

» On argente aisément aussi l'étain, le fer, l'acier.

» L'application de l'argent sur le cuivre ou le laiton se fait avec une telle facilité, qu'elle est destinée à remplacer toutes les méthodes d'argenture au pouce, d'argenture par voie humide, et même en bien des cas la fabrication du plaqué. En effet, l'argent peut s'appliquer en minces pellicules, comme cela se pratique pour garantir d'oxydation une foule d'objets de quincaillerie, et en couches aussi épaisses qu'on voudra, de manière à résister à l'usure. C'est une des applications qui ont le plus attiré l'attention de votre Commission.

» Pour l'usage des chimistes, nous avons constaté qu'une capsule de laiton argentée peut remplacer une capsule d'argent jusqu'à résister à la fusion de la potasse hydratée; épreuve qu'il ne faudrait pas trop renouveler pourtant, puisque l'argent se dissout dans la potasse.

» D'où résulte évidemment qu'il sera de quelque intérêt de voir jusqu'où pourra s'étendre l'application de ces nouveaux procédés à la conservation des balances, à celle des machines de physique, à la préservation des ustensiles employés dans nos ménages, chez les confiseurs et les pharmaciens pour toutes les préparations d'aliments et de médicaments acides.

» L'argent s'applique très-bien sur l'étain. Il fournit ainsi le moyen de faire disparaître, à bon marché, l'odeur désagréable des couverts d'étain, en leur donnant d'ailleurs l'aspect et toutes les propriétés extérieures des couverts d'argent. Ce serait là, sans nul doute, une des circonstances les plus importantes des procédés qui nous occupent, si, à la place de l'étain, comme corps de la pièce, on ne pouvait substituer un autre métal plus économique et plus solide.

» Il s'agit du fer ou même de la fonte. Ces métaux, façonnés en couverts et revêtus d'une couche d'argent, permettront de populariser en France, par leur bon marché, des objets déjà usuels en Angleterre. On fabrique, en effet, par d'autres procédés bien plus chers et bien moins parfaits, beaucoup de couverts en fer argenté à Birmingham, et leur usage est habituel dans la plupart des familles en Angleterre. L'expérience en est donc faite, et la Commission a vu avec le plus vif intérêt les procédés de M. de Ruolz fournir une argenture égale et parfaite, sur fer, acier ou fonte, comme le prouvent les objets mis sous les yeux de l'Académie.

» Tout en reconnaissant que l'étain peut s'argenter sans

difficulté, il semblerait plus convenable aux vrais intérêts du consommateur, de faire des couverts en fer ou fonte argentés, et de réserver l'étain argenté pour des pièces destinées à des maniements moins fréquents, et surtout pour des pièces obtenues par des moulages délicats.

» L'argent se comporte comme l'or quand on le réduit de ses dissolutions dans les cyanures, si l'on en juge du moins par les expériences suivantes, où l'on s'est servi de la même pile que pour l'or, chargée de la même manière, et placée dans les mêmes circonstances de température, mais où l'on a fait usage seulement de 4 éléments au lieu de 6.

» Le liquide employé pour argenter renfermait 1 gramme de cyanure d'argent sec, dissous dans 100 grammes d'eau, contenant 10 grammes de cyano-ferrure jaune de potassium.

Température du liquide 45°. — Plaque de cuivre rouge de 5 centimètres de côté.

	Argent déposé. gr.
Première immersion.	0,007
Deuxième immersion.	0,013
Troisième immersion.	0,012
Quatrième immersion.	0,013
Cinquième immersion.	0,013
Sixième immersion.	0,013
Septième immersion.	0,012
Huitième immersion.	0,011
Neuvième immersion	0,010
Dixième immersion.	0,010
Moyenne.	0,0114

Température du liquide, 30° cent. — Plaque de cuivre rouge de 5 centimètres de côté.

	Argent déposé. gr.
Première immersion.	0,0055
Deuxième immersion.	0,0065
Troisième immersion.	0,006
Quatrième immersion.	0,007
Moyenne.	0,0083

Température de la dissolution, 30° cent. — *Plaque de laiton de 5 centimètres de côté.*

	Argent déposé. gr.
Première immersion.	0,008
Deuxième immersion.	0,007
Troisième immersion.	0,007
Quatrième immersion.	0,007
Cinquième immersion.	0,009
Sixième immersion.	0,008
Septième immersion.	0,008
Huitième immersion.	0,008
Moyenne.	0,0077

Ainsi, de même que pour l'or, l'argent s'applique avec régularité, en poids proportionnels à la durée des immersions et sans que la nature du métal qu'on argente exerce une influence appréciable. Celle-ci ne saurait guère se manifester, en effet, qu'au moment de la première immersion, et elle devrait disparaître dans les immersions suivantes.

» Comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre, la précipitation de l'argent est un peu plus lente que celle de l'or.

» *Platinure.* — Au premier abord, d'après l'analogie qui existe entre le platine et l'or à beaucoup d'égards, on aurait pu croire que le platine s'appliquerait aussi facilement que l'or sur les divers métaux déjà cités. Cependant, ce résultat a offert de graves difficultés pendant longtemps, par la lenteur avec laquelle il obéissait à l'action de la pile. Il fallait avec les dissolutions, dans les cyanures par exemple, donner à l'expérience une durée cent ou deux cents fois plus longue pour le platine que pour l'argent ou l'or, à égales épaisseurs.

» Mais en faisant usage de chlorure double de platine et de potassium dissous dans la potasse caustique, on obtient une liqueur qui permet de platiner avec la même facilité et la même promptitude que lorsqu'il s'agit de dorer ou d'argenter.

» Nous n'insisterons pas sur les applications très-variées que le platine pourra recevoir dans cette nouvelle direction.

» Les chimistes y trouveront un moyen de se procurer de grandes capsules de laiton platinées qui réuniront au bon marché toute la résistance nécessaire aux dissolutions salines ou acides.

» Les armuriers mettront à profit sous diverses formes ce moyen de préservation des métaux oxydables ou sulfurables qui entrent dans la fabrication des armes.

» La bijouterie pourra faire entrer le platine dans ses décorations.

» L'horlogerie y trouvera un excellent agent pour couvrir d'un vernis très-durable les pièces dont elle redoute l'altération.

» Comme le platine ainsi appliqué peut s'obtenir de la dissolution brute de la mine de platine, et que les métaux qui accompagnent le platine ne nuisent en rien à l'effet, on voit que le platine, en cette occasion, coûte à peine autant que l'argent lui-même, car l'expérience prouve qu'à épaisseur moitié moindre, il préserve aussi bien. Il en résulte évidemment que les usages du platine, trop peu nombreux jusqu'ici pour la production possible de ce métal, vont s'étendre sans limites et lui ouvrir des débouchés certains.

» Les fabricants de produits chimiques auront, sans doute, de fréquentes occasions d'utiliser le platine sous ces nouvelles formes, et il serait bien à souhaiter, par exemple, qu'on pût remplacer les cornues en platine par des cornues en fer platiné dans la concentration de l'acide sulfurique. Beaucoup de fabriques où s'est conservé l'usage des cornues de verre l'abandonneraient sans doute, et exposeraient par là bien moins la vie ou la santé de leurs ouvriers, si les appareils de platine prenaient une forme moins dispendieuse.

» Les pharmaciens trouveront dans ces nouvelles manières d'employer le platine, l'occasion et le moyen de mettre à bon marché leurs instruments à l'abri d'une foule d'altérations fâcheuses ou nuisibles.

» Pour donner une juste idée des difficultés qui pourraient résulter dans ces sortes d'applications de la nature des dissolutions mises en usage, nous rapporterons ici les résultats de quelques expériences.

» On s'est servi de six éléments de la même pile employée pour la dorure; ils étaient chargés de la même manière et l'on opérait dans les mêmes circonstances de température.

» La liqueur renfermait 1 gramme de cyanure de platine dissous dans 100 grammes d'eau, à la faveur de 10 grammes de cyano-ferrure jaune de potassium.

» Enfin, on opérait à 80° ou 85°, température à laquelle l'or déposé s'élevait à 0 gr.030 par minute au moins. Avec le

platine, le dépôt obtenu en une minute aurait été si faible, qu'on n'aurait pu l'apprécier. Il a fallu prolonger les épreuves au moins pendant quatre minutes.

Plaque de laiton de 5 centimètres de côté. — Liqueur à 85° cent.

	Platine déposé.
	gr.
Première immersion de quatre minutes.	0,001
Deuxième immersion.	0,001
Troisième immersion.	0,001

» Ainsi, en douze minutes, une plaque qui aurait reçu 0gr,378 d'or, n'a pris, dans les mêmes circonstances, que 0gr,003 de platine.

» Ces détails feront apprécier tout l'intérêt de l'observation de M. de Ruolz, qui a reconnu, comme nous l'avons dit plus haut, que si l'on fait usage d'une dissolution de chlorure de platine dans la potasse, le dépôt du platine marche avec la même rapidité que celui de l'or, ou de l'argent du moins.

» En effet, si la précipitation du platine n'avait pas pu être accélérée, la dépense nécessaire pour appliquer ce métal aurait augmenté au point d'en borner beaucoup les usages. Il est à désirer, au contraire, que ceux-ci deviennent nombreux et profitables, d'une part dans l'intérêt des mines de platine qui manquent jusqu'ici de débouchés, de l'autre dans l'intérêt des consommateurs, qui trouveront dans les métaux revêtus de platine, des objets remarquables à la fois par leur inaltérabilité, leur belle apparence et la sûreté de leur emploi à toutes les choses de la vie.

» L'extensibilité extraordinaire de l'or est bien connue; elle a déjà fixé l'attention de Réaumur et de beaucoup de physiciens depuis que cet illustre naturaliste a fait connaître ses observations. Mais on pouvait admettre que le platine ne jouissait pas de la même faculté, ou que du moins son extensibilité était bien moindre.

» Il n'est donc pas sans quelque intérêt de faire remarquer qu'avec 1 seul milligramme de platine, on couvre uniformément une surface de 50 centimètres carrés; ce qui correspond à une épaisseur de $\frac{1}{100000}$ de millimètre, analogue, comme on voit, aux pellicules les plus ténues dont nous puissions nous faire une idée juste par l'observation directe.

» *Cuivrage.* — M. de Ruolz ne s'est pas borné à l'application

des métaux précieux. Etendant ses procédés à tous les métaux utilisables, il a essayé de cuivrer, de zinquer, de plomber divers métaux usuels.

» Le cuivrage, appliqué sur tôle ou fonte, donne le moyen de faire à meilleur marché le doublage des navires, si l'expérience vient confirmer les idées qu'on peut se faire sur la résistance de ce produit.

» Il est évident, en tous cas, que la tôle, le fer, la fonte naturelle ou doucie, peuvent recevoir par le cuivrage toutes les propriétés du cuivre en ce qui concerne la couleur, le poli, la résistance à l'air, et que par la nature même de la matière intérieure, le bas prix du produit se trouve garanti.

» On cuivre, comme on argente, au moyen du cyanure de cuivre dissous dans les cyanures alcalins; mais la précipitation du cuivre est plus difficile que celle des métaux précieux. Du reste, ce que nous venons de dire du platine montre combien l'influence de la dissolution peut être grande à cet égard.

» Avec huit éléments de la pile déjà décrite, chargée comme dans les cas précédents et marchant dans les mêmes conditions de température, nous avons obtenu des dépôts de cuivre bien plus faibles que s'il eût été question d'or et d'argent.

» Cependant, nous opérions sur une dissolution qui renfermait 1 gr. de cyanure de cuivre sec pour 100 gr. de dissolution.

Température du liquide, 30° cent. — *Plaque d'argent de 5 centimètres de côté.*

	Cuivre déposé. gr.
Première immersion de trois minutes.	0,0015
Deuxième immersion.	0,0025
Troisième immersion.	0,0030
Quatrième immersion.	0,0030
Cinquième immersion.	0,0020
Sixième immersion.	0,0020
Moyenne. . . .	0,0023

» Ainsi le cuivre, en se précipitant de son cyanure, se dépose comme le platine, à raison de 0,001 par minute, pour 50 centimètres carrés. Cette lenteur serait, en pratique, un obstacle dont M. de Ruolz devra se préoccuper.

» En effet, le cuivre, ainsi précipité sur le fer, peut directement servir à le préserver, à donner une belle apparence

aux objets de serrurerie, aux balcons, balustrades, grilles, ustensiles de cheminées, etc.

» Il peut en outre, nous nous en sommes assurés, permettre de renfermer le fer dans une enveloppe ou fourreau de laiton. Il suffit de faire déposer sur le fer, ou la fonte, du cuivre et du zinc, puis de chauffer la pièce au rouge dans du charbon en poudre. Le laiton se produit et constitue un vernis métallique moins altérable que le cuivre et d'une couleur qu'on peut varier à volonté.

» Du reste, toutes les fois qu'on voudra faire la dépense de combustible qu'exige cette dernière opération, on pourra produire sur les métaux des dépôts d'alliage aussi aisément que des dépôts de métaux purs. C'est un point de vue dont M. de Ruolz ne s'est pas occupé, mais que nous recommandons à son zèle et à sa pénétration.

» *Plombage.* — En agissant sur la dissolution d'oxyde de plomb dans la potasse, au moyen de la pile, on plombe la tôle, le fer, et en général tous les métaux.

» La fabrication des produits chimiques tirera parti de cette découverte en obtenant ainsi des chaudières en tôle plombées à l'intérieur, et où la solidité de la tôle se trouvera unie à la résistance du plomb aux actions chimiques des dissolutions salines et des acides faibles.

» Du reste, il est bien peu de circonstances où le plomb mérite par lui-même la préférence sur d'autres métaux, si ce n'est par son bas prix et son maniement facile. Les nouveaux procédés qui nous occupent auront donc plutôt pour objet d'éviter l'emploi du plomb que de le provoquer.

» *Etamage.* — Nous n'en dirions pas autant de l'étain. Les procédés nouveaux peuvent en étendre les applications, en donnant un moyen facile et prompt d'étamer le cuivre, le bronze, le laiton, le fer, la fonte elle-même, en opérant à froid et sur toute sorte d'ustensiles.

» Il y a longtemps, du reste, que, sans le savoir, les ouvriers qui étament les épingles se servent d'un véritable procédé galvanique; car ils mettent ensemble les épingles, la grenaille d'étain et de l'eau chargée de crême de tartre. Les deux métaux constituent une véritable pile où le pôle négatif formé par les épingles attire l'étain à mesure qu'il se dissout et s'étame en l'obligeant à se précipiter.

» L'étamage du fer, celui du zinc seraient impossibles par un tel procédé; il faut nécessairement recourir à l'emploi auxiliaire d'une véritable pile indépendante des métaux employés.

» Au contraire, pour le cuivre et les métaux qui sont négatifs à l'égard de l'étain, on peut faire un couple avec l'étain lui-même et le métal à étamer, et se servir soit de crême de tartre pour dissoudre l'étain, comme on le pratique dans l'étamage des épingles, soit d'une dissolution d'oxyde d'étain dans la potasse, comme l'a proposé M. Boettger.

» *Cobaltisage, nickelisage.* — L'Académie pourra remarquer avec quelque intérêt des pièces métalliques recouvertes de nickel ou de cobalt, parmi les échantillons déposés sur son bureau.

» Le cobalt, dont la teinte se rapproche assez de celle du platine, a été employé à recouvrir des instruments de musique de cuivre, et il fournit, en pareil cas, un vernis métallique agréable à l'œil, durable et d'un prix peu élevé. Cependant, tout porte à croire que le platine, l'or ou l'argent obtiendront la préférence. Mais le cobalt pourra trouver sa place dans de telles applications comme moyen de varier les teintes.

» L'expérience a prouvé, du reste, qu'en changeant ainsi la surface des instruments sonores, et qu'en recouvrant le métal qui les forme d'une couche d'un autre métal, on ne modifie en rien leurs propriétés sous le rapport musical. L'oreille la plus exercée ne reconnaît pas de changement à cet égard.

» Le nickel a surtout été essayé sur des objets de serrurerie ou de sellerie. Comme il n'est pas cher, qu'il en faut peu et qu'il résiste assez bien à l'air, il est bon de noter ici que ce métal s'applique très-bien sur le fer, ce qui peut devenir d'une importante application pour les serrures soignées et surtout pour la grosse horlogerie, les compteurs, et même pour beaucoup de pièces de machines qu'on veut préserver de l'action de l'air, sans être obligé de les graisser souvent.

» *Zincage.* — Parmi les procédés de M. de Ruolz, ceux qu'il applique au zincage des métaux, et du fer en particulier, ont très-vivement intéressé votre Commission.

» Le fer zinqué acquiert la faculté de résister aux actions oxydantes de l'air et surtout de l'air humide ou de l'eau. C'est qu'en effet, le zinc, qui est plus oxydable que le fer, préserve ce métal d'oxydation, et ne s'oxyde presque pas lui-même; car lorsqu'il est couvert d'une couche de sous-oxyde, toute altération ultérieure s'arrête.

» Dans la plupart des applications essayées par M. de Ruolz, le métal décomposé se trouve au contraire négatif par rapport au métal recouvert. Toute la garantie que le vernis métalli-

que promet en pareil cas repose sur sa parfaite intégrité ; car s'il s'entame sur un point quelconque, et si l'air humide peut arriver jusqu'au métal intérieur, la couche superficielle, bien loin de servir de préservateur, deviendra au contraire une cause déterminante d'oxydation.

» Le zinc appliqué sur le fer le préserve donc doublement : tant qu'il est intact, comme vernis; quand il est entamé, par une action galvanique. Cette particularité rend compte du succès qu'a obtenu le fer zinqué dans toutes les applications où le fer, la tôle, s'employant à froid, n'avaient pas besoin de toute leur tenacité et pouvaient supporter un supplément de dépense.

» En général, le fer zinqué ne doit pas être appliqué à contenir de l'eau chaude: l'action galvanique des deux métaux détermine très-rapidement l'oxydation du zinc, et le fer se ronge à son tour avec une singulière activité. Cette remarque devra même diriger les industriels dans l'emploi qu'ils feront des nouveaux procédés, et pourra leur éviter des mécomptes dans des circonstances rares, sans doute, mais par cela même moins susceptibles d'être éclairées par l'expérience seule.

» Le zincage de fer, fait en plongeant le fer dans un bain de zinc fondu, a quelques inconvénients d'ailleurs. Le fer s'y alliant au zinc, constitue ainsi un alliage superficiel très-cassant; le fer perd donc de sa tenacité, circonstance qui ne s'aperçoit pourtant qu'alors qu'on essaye de zinquer du fil de fer fin ou des tôles très-minces. D'ailleurs la surface ainsi revêtue d'une couche de métal peu fusible se déforme toujours.

» Ainsi, par ce procédé, on ne peut pas zinquer du fil de fer fin ; il deviendrait fragile et difforme. On ne peut pas zinquer des boulets; ils se déformeraient et ne seraient plus de calibre. Le zincage du fer n'est pas non plus applicable aux objets d'art ; toutes les formes seraient détruites.

» L'industrie, l'art militaire, les beaux arts accueilleront donc avec un vif intérêt les procédés de M. de Ruolz, qui est parvenu à zinquer économiquement le fer, l'acier, la fonte, au moyen de la pile, avec la dissolution de zinc, en opérant à froid et en respectant conséquemment la tenacité du métal; en l'appliquant en couches minces, et en conservant ainsi les formes générales des pièces et même l'aspect de leurs moindres détails.

» Rien n'empêche donc de zinquer le fil de fer employé à une foule d'usages, et qui, loin de se rouiller, se conservera

maintenant pendant de bien longues années sans doute. Ainsi les cordes des ponts suspendus, les conducteurs des paratonnerres pourront être faits en fil de fer zinqué. Nous en dirons autant des toiles métalliques employées pour fabriquer les tamis, les blutoirs ; de celles qu'on applique à la construction des lampes de sûreté. Dans ce dernier cas même, l'ouvrier chargé, dans les mines, du soin de nettoyer les lampes, pourra, sans dépense sensible, être muni de tout ce qui est nécessaire pour restaurer le zincage, de temps en temps, sans démonter la lampe.

» Toutes les pièces de machines que leurs dimensions trop fortes ou trop menues rendraient impropres au zincage à chaud, seront, au contraire, susceptibles d'être facilement zinquées par voie humide.

» La tôle la plus mince peut recevoir cet apprêt sans devenir cassante, ce qui permet de produire des ardoises artificielles en tôle zinquée parfaitement applicables, avec une grande économie, à la toiture des bâtiments.

» La Commission a voulu s'assurer qu'on pouvait zinquer la fonte et en particulier les boulets. Elle était certaine que cette application exciterait tout l'intérêt du ministère de la guerre et celui de la marine surtout ; car les boulets s'altèrent si rapidement en mer, que leurs dimensions en sont bientôt modifiées d'une manière nuisible à la fois à la justesse du tir et à la durée des pièces. Elle dépose un boulet zinqué sur le bureau.

» Enfin, le zincage du fer et celui de la fonte sont d'une grande importance pour l'architecture et les arts d'imitation. Tout le monde sait avec quelle promptitude les clous, les barres de fer, employés dans les constructions, s'oxydent et perdent conséquemment leur tenacité, et tout le monde comprend à quel point il est utile de préserver à bon marché toutes ces pièces de fer disséminées dans l'épaisseur des murs d'un bâtiment, car elles sont destinées à lui donner une solidité qui deviendra par là durable et susceptible d'être calculée avec précision. De même, les grilles, les balustrades en fonte recevant un zincage au lieu d'une peinture, qui exige de fréquents renouvellements, se trouveront ainsi bien mieux garanties de l'action de l'eau et de l'air.

» Il est surtout à désirer que ces nouveaux moyens soient mis à profit pour préserver les statues en fonte dont on a récemment fait l'essai dans plusieurs de nos monuments, et qui,

dans quelques cas, ont subi l'application d'enduits ou peintures mal calculés sous le rapport de la science, et d'un effet bien triste sous le rapport de l'art.

» Les procédés de M. de Ruolz pour le zincage peuvent s'appliquer non-seulement sur des objets petits et libres, mais il serait possible encore d'en faire usage pour des monuments en place et de grande dimension, en prenant quelques précautions faciles à prévoir.

» Votre Commission est loin d'avoir cherché à énumérer ici toutes les applications que ce nouveau moyen de zincage du fer est susceptible de présenter; elle s'est bornée aux plus essentielles, mais elles suffisent pour faire apprécier à l'Académie toute la portée des travaux de M. de Ruolz sur ce point.

» Avant de quitter ce sujet important, nous rappellerons que M. Sorel d'un côté, et M. Perrot de l'autre, étaient déjà parvenus à recouvrir le fer d'une couche de zinc par le moyen de la pile, mais en faisant usage toutefois de dissolutions différentes de celles que M. de Ruolz a cru préférables et qui lui ont permis d'agir avec économie, ce qui est ici le point vraiment important.

» MM. Sorel et Perrot avaient même annoncé, à cette occasion, qu'ils s'occupaient du problème général de la fixation des métaux les uns sur les autres; espérons qu'en faisant connaître leurs procédés, ils ajouteront à la perfection d'un art qui paraît déjà si avancé.

» L'Académie verra avec le plus vif intérêt une industrie destinée à se répandre sous toutes les formes dans le monde, mettre à profit un instrument, la pile de Volta, qui n'avait été jusqu'ici appliqué industriellement qu'aux travaux métallurgiques de notre confrère M. Becquerel, et aux procédés galvanoplastiques.

» Par la vérité de ses applications, M. de Ruolz donne à la pile une occasion de se multiplier et de se répandre, qui deviendra, on n'en peut douter, une cause de perfectionnement très-certaine, soit pour la construction de cet appareil, soit pour les moyens de le rendre économique.

» En terminant, votre Commission se croit obligée de déclarer que, forcée comme elle l'a été de limiter le temps qu'elle pouvait consacrer à cet examen, puisqu'elle agissait comme Commission pour les prix Monthyon, et qu'elle ne pouvait retarder plus longtemps son Rapport, elle a dû se

borner à tracer ici l'histoire sommaire de ses expériences, sans prétendre à faire une exposition systématique de l'état de la science sur le point dont elle s'est occupée.

» Ce qu'elle a eu en vue, c'est l'application économique ; toutes ses recherches ont été tournées de ce côté : c'était son devoir.

» Sous ce rapport, les expériences de M. de Ruolz lui ont présenté un caractère de nouveauté très-réel. Leur utilité lui a paru digne de toute l'attention de l'Académie. Elle se plaît à reconnaître, d'ailleurs, que l'auteur a fait preuve, dans ce long travail, d'une pénétration remarquable et d'une persistance bien digne d'être couronnée par un succès complet.

» Elle vient donc vous demander avec confiance de décider que le Mémoire de M. de Ruolz soit admis à faire partie du *Recueil des Savants étrangers.*

« Mais elle vous demandera de plus, et cela dans des vues d'intérêt public faciles à comprendre, de décider qu'une copie du présent Rapport soit adressée à MM. les Ministres de la Guerre, de la Marine, des Finances, des Travaux publics et de l'Intérieur, qui pourront y trouver des renseignements de nature à intéresser les services dont la haute direction leur est confiée. »

Les conclusions de ce Rapport ont été adoptées.

§ IV. DE L'APPLICATION AUX ARTS DES PROPRIÉTÉS ÉLECTRO-CHIMIQUES DE L'OR, PAR M. BECQUEREL, DE L'INSTITUT. (*Extrait.*)

M. De la Rive est le premier qui ait songé et ait réalisé l'idée d'appliquer l'or sur les métaux, en faisant usage de mes appareils électro-chimiques simples ; mais, comme cela se voit fréquemment, celui qui découvre un art n'est pas toujours celui qui le porte à la perfection ; car c'est dans la pratique que l'on reconnaît les avantages et les inconvénients dont on a besoin pour le perfectionnement ; il faut pour cela le concours d'un grand nombre de personnes. En attendant, l'honneur appartient à l'inventeur. Immédiatement après la découverte de M. De la Rive, les physiciens et les industriels en France, en Angleterre, en Allemagne, dans toute l'Europe en un mot, se mirent à l'œuvre pour perfectionner ce nouveau mode de dorure, soit en opérant avec des dissolutions plus convenables que celles indiquées par M. De la Rive, soit en faisant intervenir un certain nombre d'éléments de la pile de Volta. Mal-

heureusement, peu de résultats furent publiés, parce que l'on cherchait plutôt à spéculer qu'à en faire un but de recherches scientifiques. Des brevets d'invention, dont la date établit la priorité en faveur de M. Elkington, ont été pris, mais je n'ai pas à m'en occuper ici ; je sais seulement que la publication la plus complète que la science ait enregistrée dans ses annales, est celle de M. de Ruolz, après toutefois celle de M. De la Rive, qui, pendant plus de dix ans, à ma connaissance, a cherché un procédé simple de dorure, sans l'intermédiaire du mercure. Je dois dire cependant que M. Elkington est le premier qui ait fait connaître que l'on pouvait substituer, dans la dorure par la voie humide, au chlorure d'or, un autre sel d'or, l'aurate de potasse, ce qui était déjà un grand perfectionnement.

A peine la communication de M. de Ruolz eut-elle été faite à l'Académie, que de toutes parts on apprit que différentes personnes étaient parvenues à dorer tous les métaux avec une assez grande perfection. M. Elkington est un de ceux qui, sous ce rapport, revendiquent la priorité. Nous voyons aussi dans une Notice de M. Louyet, insérée dans le tome VIII des *Annales de l'Académie de Bruxelles*, une réclamation de priorité relativement à l'emploi du bisulfure d'or dans le cyanure de potassium et d'éléments voltaïques. Suivant lui, ce procédé a été exposé, il y a huit mois, dans un cours public fait à l'école centrale de Bruxelles, par conséquent avant la publication de M. de Ruolz. Je me borne à indiquer ces faits, comme documents historiques, sans chercher à en discuter la valeur. Je dirai seulement que M. de Ruolz se distingue entre tous les prétendants à la découverte de la meilleure méthode pour la dorure au moyen de la pile, en ce qu'il a fait connaître le premier, à l'Académie, comment on pouvait appliquer avec facilité non-seulement l'or, mais encore un métal sur un métal quelconque. La question a donc été envisagée par lui de la manière la plus générale.

Du choix des dissolutions dépendait le succès de l'application des métaux; sous ce rapport M. de Ruolz a été heureux; car celles dont il s'est servi sont les plus avantageuses qu'on ait encore trouvées jusqu'ici.

Le Rapport rempli de détails intéressants de votre Commission, par l'organe de M. Dumas, n'a donc rien dit de trop à cet égard.

Le travail de M. de Ruolz y a été envisagé, comme elle le reconnaît elle-même, plutôt sous le point de vue technique que

sous le rapport scientifique. C'est actuellement à la science à éclairer l'industrie naissante de la dorure électro-chimique, qui ne connaît le courant électrique que par la propriété qu'il possède de décomposer les corps, et de transporter leurs éléments en certains points ou certaines surfaces appelées *pôles*. Mais le courant électrique est comme un torrent qui renverse indistinctement tout ce qui s'oppose à son passage : il sépare, entraîne les parties dans deux directions différentes, suivant leur nature et les rapports chimiques qui les lient; et si l'on ne dirige pas son action, il agit pour ainsi dire tumultueusement en déposant d'un côté tous les corps qui jouissent des propriétés acides, de l'autre tous ceux qui se comportent comme alcalis; car, notez-le bien, il n'y a point de composé chimique, organisé ou inorganisé, qui, obéissant à son action, ne se partage en deux éléments distincts qui, eux-mêmes, se partagent en deux autres, ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on arrive aux éléments simples.

Pour obvier à ce dépôt tumultueux à chaque pôle, il faut savoir régulariser la marche du courant, le forcer à prendre tel corps plutôt qu'un autre; il faut que le dépôt se fasse régulièrement sur toute l'étendue de la surface, et que la couche en soit égale partout; il faut enfin se rendre maître de son action. Voilà, ce me semble, ce que la science doit indiquer à l'industrie; et n'est-ce pas faute de connaissances précises à cet égard, que rien n'annonce encore qu'on ait pris les précautions nécessaires pour que l'or soit également réparti sur toute la surface, et que la dorure sur bijoux, au moyen de l'électricité, n'ait pas atteint le degré de perfection désirable, c'est-à-dire ce mat vif tant recherché? Ne serait-ce pas, par hasard, parce que l'on a opéré sur des dissolutions qui renfermaient encore quelques parties de fer, et parce que l'action était trop rapide? Dans le premier cas, le courant amène sur la pièce à dorer, non-seulement l'or, mais encore le fer et les autres substances métalliques qui se trouvent dans la dissolution, quoique en petite quantité; dans le second cas, une action trop vive ne permettant pas aux molécules de se grouper régulièrement, empêche la production du mat vif.

Ce sont des questions que j'examinerai ci-après.

Il est facile d'expliquer aussi pourquoi certaines dissolutions d'or ne réussissent pas, tandis que d'autres produisent un excellent effet. Tout métal oxydable qu'on plonge dans une dissolution neutre d'or la décompose plus ou moins rapidement;

l'or se réduit sur la surface du métal : mais si on le rend suffisamment négatif, il n'est plus attaqué par la dissolution, et sa surface reste brillante. Augmente-t-on cet état négatif, alors il décompose la dissolution, non plus en raison de son affinité pour celle-ci, mais à cause de son pouvoir électro-chimique. C'est précisément ce qui arrive quand on plonge dans l'eau de mer, comme Davy l'a fait, un couple fer et cuivre; le fer, en rendant électro-négatif le cuivre, non-seulement le préserve, mais encore détermine une action électro-chimique, en vertu de laquelle l'eau et les sels qu'elle renferme sont décomposés, la soude et les bases se déposent sur le cuivre qui conserve son brillant. Il résulte de là qu'en opérant avec un courant électrique simple, si l'on étend suffisamment la dissolution d'or pour que la pièce à dorer qu'on plonge dedans soit assez négative pour ne plus réduire chimiquement le sel d'or, alors l'action électro-chimique décomposante commence. De même, en opérant avec un courant provenant d'une pile composée d'un grand nombre d'éléments, si la dissolution a une énergie suffisante pour réagir sur le métal à dorer, même lorsque ce métal est en communication avec le pôle négatif, l'action de celui-ci est alors paralysée, et le sel d'or est décomposé par l'action chimique directe, et non par le courant. Voilà pourquoi il n'y a qu'un petit nombre de dissolutions aurifères qui puissent être employées. Un des avantages de l'emploi de la pile dans la dorure, comme le fait M. de Ruolz, est de séparer la dissolution métallique aurifère de l'appareil qui fournit le courant; dans ce cas, on n'a pas à craindre des pertes d'or. Il n'en est pas de même avec les appareils électro-chimiques simples, tels que ceux employés jusqu'ici; mais on peut éviter en grande partie cette perte, et arriver en même temps à un résultat semblable à celui de M. de Ruolz, en opérant toutefois avec des dissolutions suffisamment étendues; il faut alors plus de temps, mais aussi l'on arrive à la perfection. C'est là toute la différence qui existe entre le mode d'action des appareils composés et celui des appareils simples. Il ne faut, pour tout cela, qu'invoquer les principes précédemment énoncés. J'expose d'autant plus volontiers les recherches que j'ai faites à cet égard, que tout en pouvant être utiles, elles viennent à l'appui de l'opinion que j'ai émise il y a plus de quinze ans, qu'un seul couple formé d'un métal et de deux liquides différents, de deux métaux et d'un seul liquide, ou de deux liquides différents convenablement choisis, peut

produire les mêmes effets qu'une pile composée d'un grand nombre d'éléments ; seulement, avec plus ou moins de temps, selon le choix des substances employées, leur quantité et leur rapport. On peut ainsi, avec un seul couple, se passer dans un grand nombre de cas d'une pile, et même obtenir des effets que celle-ci ne peut donner, surtout quand on désire avoir des composés cristallisés. Il y a certes là un avantage ; car la pile est d'un usage dispendieux, et même incommode dans la science et dans la pratique; aussi, tous mes efforts ont-ils tendu à la remplacer par un appareil simple que l'on emploie déjà dans les arts. M. De la Rive a suivi cette marche en faisant usage, pour la dorure, d'un appareil composé d'une plaque de zinc, de la pièce à dorer, d'un diaphragme en vessie contenant la dissolution neutre d'or où plonge cette pièce, et d'un bocal rempli d'eau acidulée dans laquelle plonge le zinc. Dès l'instant que le zinc communique avec le métal à dorer, la dissolution d'or est décomposée, l'or se précipite sur la surface du métal, qui devient noirâtre et légèrement dorée. Il suffit alors de frotter la pièce à dorer avec un linge fin pour obtenir le brillant. Après plusieurs immersions et opérations semblables, la pièce est dorée avec un beau poli, à peu près de même que par la méthode dite d'application ; il est impossible d'obtenir par ce moyen le mat comme le donne la méthode de M. de Ruolz, ce qui restreint nécessairement ses applications; car le doreur tire un parti avantageux du mat qu'il transforme en poli à l'aide du brunissoir. Il est facile d'expliquer pourquoi il ne peut en être ainsi dans le procédé de M. De la Rive : la dissolution n'étant ni assez neutre ni assez étendue, la pièce à dorer réagit chimiquement sur la dissolution d'or; il en résulte un courant électrique dirigé en sens inverse du premier, de façon que l'on n'a que la différence d'action des deux courants. C'est pour ce motif que la pièce est en partie dorée par l'action électro-chimique et en partie recouverte d'or réduit. En général, pour que l'action électro-chimique produite par le courant provenant de la réaction de l'eau acidulée sur le zinc fût à son maximum, il faudrait que la pièce à dorer ne fût pas attaquée par la dissolution aurifère; c'est ce qui a lieu pour le platine, qui se dore par ce moyen avec une grande facilité.

Dans la méthode de M. De la Rive, une partie de la dissolution d'or est décomposée par la vessie qui se recouvre d'or; une autre ne tarde pas à passer au travers et est réduite par le zinc, dont l'action est alors diminuée en raison des couples

secondaires zinc et or qui se forment à sa surface. On est alors forcé de recueillir l'or disséminé et sur la vessie et sur le zinc. De plus, l'eau acidulée étant un bon conducteur pour l'électricité, il s'ensuit qu'une portion des deux électricités, dégagée dans sa réaction sur le zinc, se recombine dans le liquide même, ce qui diminue d'autant l'intensité du courant.

On peut néanmoins éviter les inconvénients du diaphragme en vessie, obtenir le mat avec les appareils simples, et une adhérence peut-être encore plus forte de l'or qu'en employant la pile ; mais alors il faut opérer dans d'autres conditions.

On a vu précédemment que lorsque deux dissolutions de même nature, ayant même densité et ne différant entre elles qu'en ce que l'une renferme une très-petite quantité d'un composé qui ne se trouve pas dans l'autre, sont séparées par un diaphragme de toile, de terre demi-cuite, de porcelaine dégourdie ou d'argile humide, les phénomènes d'endosmose et d'exosmose ne se manifestent qu'à un faible degré, et même n'ont lieu qu'après un certain laps de temps, lorsque la densité étant différente ainsi que les composés, le diaphragme est formé d'une couche d'argile suffisamment épaisse, humectée de l'une des dissolutions. On peut se servir de ce principe pour l'application de l'or sur divers métaux et avoir le mat en faisant usage des appareils simples. Le mat étant la conséquence d'une très-forte adhérence de l'or aux métaux et de l'état d'agrégation de ses molécules, ne peut être obtenu qu'avec des dissolutions suffisamment étendues ; car si l'on opère avec des dissolutions d'une densité égale à celles de M. de Ruolz, on retombe dans les effets de M. De la Rive, dont on a parlé précédemment.

Les liquides employés sont le double cyanure de potassium et d'or, et la dissolution de cyanure d'or dans l'eau salée.

Une solution formée avec 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or sec, 10 grammes (2 gros 44 grains) de cyano-ferrure jaune de potassium et 100 grammes (3 onces 3 gros) d'eau, ne donne qu'une couleur d'or sale, rejetée par l'industrie ; pour obtenir le mat, il faut étendre cette solution de plusieurs fois son volume d'eau. L'expérience suivante indique le dispositif le plus simple que l'on puisse employer pour des essais en petit.

On a pris un tube de verre de 1 centimètre (5 lignes) de diamètre et de 1 décimètre (3 pouces 9 lignes) de longueur ; un des bouts a été fermé avec du kaolin en pâte un peu consis-

tante, humectée d'eau salée et formant une espèce de tampon de 1 centimètre (5 lignes) de longueur, et ce même bout fut coiffé avec du linge pour retenir le kaolin. Il faut bien se garder de mettre aucune substance organique dans l'intérieur du tube sur l'argile, attendu qu'elle serait réduite par le sel d'or. Le tube a été rempli de la dissolution étendue de double cyanure d'or et de potassium. On a plongé ensuite dans un cylindre de laiton, poli et parfaitement décapé, comme on le fait dans les arts, avec un mélange d'acide nitrique concentré et de suie, décapage qui se fait en frottant avec un linge humecté du mélange, plongeant immédiatement la pièce dans l'eau, replongeant de nouveau, et ainsi de suite, et essuyant bien quand le décapage est arrivé au degré voulu. Le tube a été placé dans une éprouvette remplie d'une dissolution à même densité de cyano-ferrure jaune de potassium, renfermant du sel marin, mais privée d'or, dans laquelle plongeait une lame de zinc que l'on mit en communication avec le cylindre de laiton, au moyen d'un fil de cuivre. La décomposition électro-chimique ne tarda pas à se manifester, l'or se précipita sur le laiton, et dix minutes après sa surface avait déjà un aspect mat. L'opération fut continuée jusqu'à ce que tout le cyanure d'or, et même une grande partie du cyanure de potassium fût décomposée. On retira alors le cylindre qui était doré mat, comme par la méthode de M. de Ruolz. La dissolution contenue dans le tube était devenue très-alcaline, conséquence de l'action du courant sur les sels alcalins; dans ce cas, le zinc étant attaqué par suite de la réaction du cyanure et du chlorure alcalin, il se forme un cyanure et un chlorure de ce métal; tandis que la soude est transportée sur le laiton, et, devenant libre, réagit sur le sel d'or, le décompose, sépare l'or, qui, étant attiré par ce même laiton, en raison de son état négatif, se dépose sur sa surface et y adhère d'autant plus fortement que l'action a été plus lente. Ce dépôt résulte donc de deux actions combinées, d'une action chimique et d'une action électro-chimique. C'est ce concours qui donne une puissance si grande aux appareils électro-chimiques simples, et qui leur permet de rivaliser avec les piles composées d'un grand nombre d'éléments.

Quand on s'aperçoit, par la lenteur des effets produits, que le zinc est faiblement attaqué par la dissolution mixte de cyanure et de chlorure alcalins, on augmente la proportion de celui-ci, et même on remplace entièrement la dissolution par

une autre plus ou moins concentrée de sel marin; mais, dans tous les cas, il faut bien se garder d'employer des acides, par les raisons ci-dessus mentionnées. Les effets électro-chimiques dépendant de l'épaisseur du tampon d'argile, et de son état plus ou moins pâteux, on ne peut donner aucune règle à cet égard. Quoique l'endosmose soit très-faible, néanmoins elle finit par avoir lieu, si l'on n'a pas l'attention de changer de temps à autre la cloison en argile; il est bon aussi de la visiter quelquefois dans la crainte que quelques cristallisations, formées dans la masse, ne lui donnent trop de consistance, et ne s'opposent au passage du courant. Mais lors même qu'il passerait du cyanure d'or dans le bocal où se trouve le zinc, ce cyanure, qui ne s'y trouverait qu'en très-petite quantité, serait décomposé par le chlorure de zinc, il se formerait un chlorure d'or qui serait décomposé par le zinc, et il se déposerait au fond du vase un précipité floconneux de cyanure de zinc. On recueille l'or en nettoyant le zinc avec un linge; mais, je le répète, cette quantité est toujours très-minime quand on prend toutes les précautions indiquées. Avant de soumettre une pièce à la dorure, il faut s'assurer que la dissolution est dans un état convenable. A cet effet, on opère avec un fil parfaitement décapé, et si dans l'espace de quelques minutes il conserve son brillant métallique, alors on peut commencer les opérations avec toutes chances de succès. Comme il arrive quelquefois qu'on mêle à la dissolution de cyanure d'or et de potassium une solution de sel marin, il faut bien se garder d'en ajouter une trop grande quantité, car l'argent, quand le courant n'a pas assez d'énergie, est attaqué et devient noir.

Si l'on opère avec un cylindre de cuivre dont la surface est parfaitement décapée, on obtient absolument les mêmes effets. Un cylindre d'argent à surface mate se dore également; mais moins promptement que lorsque la surface est polie.

Voici les proportions qui m'ont donné les plus beaux effets:

On a fait une dissolution avec 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or sec, 10 grammes (2 gros 44 grains) de cyanoferrure jaune de potassium, et 100 grammes (3 onces 3 gros) d'eau; on a filtré pour séparer le cyanure de fer, puis on a ajouté encore 100 grammes d'une solution saturée de cyanure jaune. Ce mélange, employé à la dorure, a donné un mat terne; en étendant la solution de son volume d'eau, et même

de deux volumes, on a eu un mat clair. En général, le ton varie selon que la solution est plus ou moins étendue : il est d'autant plus beau qu'elle est plus étendue et qu'elle renferme moins de fer. La raison en est toute simple : dans le premier cas, les molécules n'étant pas précipitées tumultueusement, peuvent se grouper régulièrement; dans le second, le cyanure de fer passe successivement à l'état de protocyanure de fer et de fer métallique, quand une grande partie du cyanure d'or a été décomposée; il résulte de la réunion de ces divers précipités une surface dorée sale ; mais pour faire paraître le mat, il suffit de laver la pièce avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, et de frotter légèrement avec un linge pour enlever les dépôts non adhérents.

Dans les expériences précédentes, il n'a point été question du temps, attendu que pour obtenir les mêmes effets dans différents appareils, il faut plus ou moins de temps, suivant la densité de la dissolution, l'épaisseur de la cloison, la manière dont a été pressée l'argile humide, et suivant la quantité de solution qu'elle renferme elle-même, etc.

Je dirai seulement qu'avec les conditions les plus avantageuses, on aperçoit quelquefois le mat en moins de dix minutes; mais, en général, à la température ordinaire, il faut plusieurs heures pour obtenir une dorure très-épaisse. Mais on verra, ci-après, qu'à l'aide d'une faible chaleur, on peut, en moins d'un quart d'heure, obtenir une très-bonne dorure. La différence entre le mode d'action d'une pile composée d'un certain nombre d'éléments et celui d'un appareil électro-chimique simple, conforme au modèle précédemment décrit, ne consiste donc que dans le temps, qu'il est possible, néanmoins, dans la plupart des cas, d'abréger à un point tel que cette différence soit peu sensible. Les appareils simples dont on peut varier la forme à l'infini permettent de se passer des piles, toujours dispendieuses, en raison de la consommation du zinc et des dissolutions qui servent à les charger, de la destruction assez rapide des sacs en toile à voiles, indispensables pour avoir des effets constants. Les appareils simples sont, pour ainsi dire, de nulle valeur; ils peuvent être placés partout sans inconvénient. Leur manœuvre est des plus faciles; enfin leur volume peut varier depuis celui d'un tuyau de plume jusqu'à celui d'un tonneau, suivant les besoins de l'industrie. Ils fonctionnent en outre parfaitement à la température ordinaire, et donnent alors avec un peu plus de temps une très-belle dorure.

Après avoir envisagé la question sous le point de vue scientifique, je vais le faire sous le rapport industriel. A cet effet, je me suis entouré des documents qui pouvaient m'éclairer le plus, en m'adressant aux artistes les plus habiles de la capitale.

Je commencerai par indiquer les dispositions qui m'ont paru les plus convenables pour dorer les objets d'une certaine étendue. On peut prendre d'abord une cloche en verre ayant à sa partie supérieure une large tubulure que l'on remplit de kaolin ou d'argile ordinaire, privée de calcaire, retenue par une coiffe de linge ficelée autour de la paroi extérieure de la tubulure, et, pour que la ficelle tienne, il est nécessaire qu'il y ait une gorge à la tubulure. On passe la cloche dans une ouverture pratiquée dans une planche, jusqu'à ce que son bord inférieur affleure le bord de la planche; on l'assujettit au moyen de coins en bois, après quoi la cloche est renversée; on la remplit de la dissolution d'or et on la plonge par la tubulure dans un seau de faïence ou autre contenant une solution plus ou moins saturée de sel marin, avec la condition que les deux solutions soient à la même hauteur, afin d'éviter qu'une différence de pression ne tende à faire passer un liquide d'un vase dans un autre. On opère ensuite comme il a été dit ci-dessus. Quand l'épaisseur de la couche d'argile est de plusieurs centimètres, et qu'elle a été suffisamment tassée, on n'a pas à craindre d'endosmose, du moins d'une manière sensible, dans l'espace de plusieurs jours.

Quand on veut faire concourir l'action de la chaleur avec celle des forces électro-chimiques, il faut chauffer le seau de faïence au bain-marie.

On peut remplacer les cloches en verre par des cloches en faïence, munies de tasseaux également en faïence et destinés à supporter la cloche et à la retenir sur la planche.

Ces deux indications suffisent pour diriger les industriels dans la construction des appareils.

Il faut bien se garder d'employer du zinc amalgamé, car, outre qu'en le manœuvrant il peut tomber du mercure dans la dissolution d'or, on a à craindre encore qu'il ne se forme de petites quantités de chlorure de mercure qui finissent par passer à travers l'argile, et de là dans la dissolution d'or, où elles sont réduites en même temps que l'or.

On peut encore prendre pour diaphragmes des vases cylindriques en porcelaine dégourdie, mais il ne faut en faire usage

qu'autant que les deux dissolutions ne diffèrent que par la présence de l'or dans l'une d'elles; car sans cela l'endosmose est toujours assez marquée. Les diaphragmes d'argile humide sont, dans tous les cas, préférables aux vases en porcelaine dégourdie; néanmoins on obtient les mêmes résultats en opérant de la manière suivante.

On prend un sac en toile à voiles que l'on remplit à moitié ou aux deux tiers d'argile en pâte demi-liquide, et l'on introduit dedans un cylindre à minces parois en porcelaine dégourdie, de manière qu'il se trouve au milieu du sac et que l'argile vienne au niveau du diaphragme, dont le diamètre doit être assez grand pour que l'épaisseur de l'argile soit partout de 1 à 2 centimètres (5 à 10 lignes). Au moyen de cette disposition, on a tous les avantages d'un diaphragme cylindrique et d'argile, attendu que l'action est uniforme et qu'on n'a pas à craindre d'endosmose, du moins d'une manière assez sensible pour nuire aux résultats.

J'ai dit précédemment que pour que la dorure fût uniforme, c'est-à-dire que la couche d'or déposée fût sensiblement la même sur toutes les parties de la pièce, il fallait ne pas la placer d'une manière quelconque par rapport au zinc. Supposons que l'on plonge dans une dissolution quelconque deux lames de platine en relation avec les deux pôles d'une pile, et que le courant exerce son action décomposante sur les parties constituantes de la dissolution, les parties acides se déposeront autour de la lame positive, mais en plus grande quantité sur la surface qui se trouve du côté de la lame négative que de l'autre; il en sera de même des éléments alcalins relativement aux deux surfaces de la lame négative. Ce n'est pas tout encore, le dépôt sera plus considérable dans la partie inférieure que dans la partie supérieure. On peut remédier, à la vérité, à cet inconvénient, en retournant d'abord les lames, puis les renversant. Mais cela ne suffira pas encore si cette manœuvre se fait à des intervalles un peu éloignés; car la pile fonctionnant sans interruption, la dissolution sur laquelle on opère est de moins en moins saturée, de sorte que, pendant le même temps, il ne se forme pas un dépôt de même épaisseur sur les lames; on n'atteindrait donc pas l'uniformité désirable.

Ce court exposé doit faire sentir que pour dorer, même avec la pile, il ne faut pas se borner à prendre pour pôle négatif une lame de platine, et pour pôle positif la pièce d'es-

sai, placée d'une manière quelconque par rapport à la lame de platine.

Cela posé, voici les avantages des appareils simples, tels qu'ils ont été décrits.

Lorsqu'on emploie un cylindre de porcelaine dégourdie destiné à recevoir la dissolution d'or, et qu'on le plonge dans la solution d'eau salée, si on l'entoure d'un autre cylindre en zinc, plongeant dans la solution et mis en communication avec la pièce à dorer, il est bien évident que tous les points de la surface de la pièce seront également soumis à l'action du courant. Pour que le dépôt d'or soit parfaitement uniforme, on n'aura plus qu'à retourner le plus souvent possible la pièce : on sera assuré d'avoir alors une dorure aussi uniforme que possible.

Dans l'appareil où le cylindre en terre est remplacé par une cloche en verre munie d'une tubulure remplie d'argile, l'action décomposante du courant n'est pas à la vérité aussi uniforme; mais si l'on opère comme ci-dessus, avec un cylindre de zinc qui entoure symétriquement la tubulure, les courants rayonnent alors symétriquement de tous les points de la surface du zinc sur la pièce à dorer, de sorte qu'en la renversant très-fréquemment on doit obtenir une couche suffisamment uniforme.

Passons à l'usage de ces appareils : j'ai soumis à leur action des pièces d'argent, des bijoux de même métal, et j'ai eu constamment de beaux effets de mat : après la mise en couleur, la teinte était rouge, jaune ou verdâtre, suivant que la couche d'or déposée était plus ou moins épaisse. La dorure commence d'autant plus rapidement que la surface de la pièce est bien polie et décapée avec une solution de potasse, puis lavée avec de l'acide nitrique étendu. Le mat agit plus lentement.

Une température de 20 à 25° au plus abrège singulièrement la durée de l'opération, parce que le zinc est plus fortement attaqué. Il m'est arrivé plusieurs fois d'obtenir une bonne dorure en moins de dix minutes; mais elle n'est jamais aussi belle, sous le rapport du mat, que celle qui est faite à la température ordinaire; au surplus, c'est le propre des actions lentes de produire un groupement plus régulier des molécules. Sous ce rapport, la méthode que j'indique ne peut avoir que de grands avantages.

La couche d'or supporte parfaitement le bruni et adhère tellement à l'argent qu'on n'en enlève aucune trace appréciable dans le poli au tour. Des cylindres d'argent recouverts d'une

couche épaisse d'or, se tirent parfaitement à la filière et donnent des fils d'argent doré : preuve que l'or est très-adhérent.

Il restait une question assez importante à examiner, c'est celle relative à la dorure des objets et bijoux en filigrane, qui a résisté jusqu'ici à tous les moyens employés pour l'obtenir d'une manière satisfaisante. Je me suis adressé à M. Christofle, l'un des plus habiles fabricants de bijoux de Paris, et qui excelle dans le genre filigrane. Je tiens de son obligeance, pour laquelle je le prie de recevoir mes remerciements, un certain nombre de pièces telles que corbeilles, fleurs, divers bijoux, lesquels ont été soumis à la dorure électro-chimique, en vertu d'actions lentes. Le résultat a été satisfaisant, comme peut le voir l'Académie en jetant les yeux sur les pièces que je lui présente. La dorure est un peu rouge, mais cela tient uniquement à l'épaisseur de la couche d'or déposée, qui est assez forte, attendu que l'appareil a fonctionné pendant plus de 12 heures. Des objets semblables mis en même temps en expérience et retirés à divers intervalles de temps, présentent les teintes verdâtre, jaune et rougeâtre. Les bijoux en filigrane dorés par les anciens procédés sont tellement mal venus, qu'ils ne supportent pas la comparaison avec les mêmes objets dorés au moyen des actions lentes.

Les vases et objets divers en cuivre, en laiton et en bronze, parfaitement décapés avec l'acide nitrique et la suie, comme il a été dit ci-dessus, se dorent quelquefois rapidement. J'ai obtenu de bonnes dorures en dix minutes, qui supportent parfaitement la mise en couleur et le bruni. Des cylindres de cuivre recouverts d'une couche d'or se tirent également bien à la filière. J'ai dû examiner ensuite s'il n'était pas possible de frabriquer des bijoux en cuivre après dorure par le procédé électro-chimique, au moyen de la méthode de *repoussé* de M. Mourey, avantageusement connu pour ce genre de travail. Je me suis adressé à cet effet à lui, et il a bien voulu mettre à ma disposition non-seulement les objets dont je pouvais avoir besoin, mais encore ses ateliers pour les confectionner. J'ai commencé d'abord par faire fabriquer deux bagues semblables, qui ont été dorées au moyen des actions lentes; l'une a été terminée au repoussé et l'autre est restée telle qu'elle était sortie de l'appareil. La première est très-bien venue et rivalise avec tout ce qu'on a fait de mieux dans ce genre. On peut voir dans la bague et autres objets du même genre que je

présente à l'Académie, que les ornements sont fouillés dans toute leur profondeur comme si le burin les avait sillonnés, et, cependant, la couche d'or était tellement adhérente au cuivre que le travail ne l'en a pas détachée. Il est démontré par là que la dorure électro-chimique peut être appliquée avec avantage à la fabrication des bijoux par la méthode de repoussé après dorure.

Telles sont les différentes questions auxquelles j'ai été conduit à m'occuper en étudiant les propriétés électro-chimiques de l'or; j'y ai rattaché toutes celles qui avaient des rapports plus ou moins directs avec mon sujet. En effet, l'or a été pris dans les minerais les plus pauvres; on l'a suivi dans les diverses opérations effectuées pour concentrer ces derniers en indiquant les méthodes les plus simples pour les retirer; après quoi l'on a étudié ses propriétés électro-chimiques, à l'aide desquelles on a indiqué un principe qui permet, quand ce métal est en dissolution, de le retirer de cette dissolution dans un grand état de pureté; puis on a fait usage des mêmes principes pour dorer les métaux au moyen des actions électro-chimiques lentes.

§ V. DE L'ARGENTURE GALVANOPLASTIQUE DE L'ACIER,

Par M. A. DESBORDEAUX, de Caen.

Le dépôt de l'argent sur l'acier est sans contredit l'une des applications les plus importantes des procédés galvanoplastiques, et c'est en même temps celle qui présente le plus de difficultés dans la pratique lorsqu'on tient à obtenir une argenture parfaitement solide. Aussi préfère-t-on généralement l'emploi de la dorure pour les objets en acier, quoique la différence de valeur qui existe entre l'or et l'argent permette d'y déposer, pour le même prix, une couche d'argent trois fois plus épaisse. En effet, la dorure galvanoplastique de l'acier est une opération extrêmement simple, qui n'exige d'autre précaution que de bien décaper la pièce avant de la plonger dans le bain de cyanure double d'or et de potassium; l'or adhère directement sur l'acier et d'une manière extrêmement solide. Il n'en est pas de même de l'argent, on ne pouvait jusqu'à présent en obtenir un dépôt adhérent sur l'acier qu'après avoir revêtu ce dernier métal d'une couche de cuivre au moyen du cyanure double de cuivre et de potassium; car le cuivrage de l'acier par immersion dans le sulfate de cuivre, même en employant le contact du zinc par l'intermédiaire d'un conduc-

teur métallique, ainsi que le conseille M. Walker, ne peut inspirer aucune confiance. Il s'opère toujours en pareil cas, à la surface de l'acier, une légère oxydation qui s'oppose à une adhérence parfaite de la couche cuivreuse.

Indépendamment de la difficulté occasionée par l'opération préalable du cuivrage, pour laquelle il est indispensable d'employer un courant galvanique beaucoup plus fort que pour l'argenture, il est encore une autre cause qui fait préférer l'emploi de la dorure sur l'acier. C'est qu'en supposant les couches métalliques de la même épaisseur, la couche d'or préserve mieux l'acier de l'oxydation que la couche d'argent. A cet effet, si l'on se borne à revêtir l'acier d'un léger dépôt d'argent, non-seulement il n'est pas préservé de l'oxydation lorsqu'il est exposé à l'influence de l'humidité, mais même il s'oxyde plus promptement qu'auparavant, et, au bout d'un certain temps, l'argent, dont l'application ne paraissait d'abord laisser rien à désirer, se recouvre d'une foule de petites piqûres; c'est qu'alors la couche d'argent, assez légère pour donner passage à l'influence des agents extérieurs, forme, par son contact avec l'acier, une véritable pile dans laquelle l'argent joue le rôle de métal négatif, et l'acier de métal positif. Une couche d'or très-mince ne met pas non plus l'acier complètement à l'abri de l'oxydation, parce qu'elle est également perméable, mais elle le préserve beaucoup mieux; l'or étant un métal négatif à un degré beaucoup moins prononcé que l'argent, qui, sous ce rapport, tient le second rang après le platine.

Enfin, aux inconvénients précédemment signalés, il faut en ajouter un autre plus propre encore à dégoûter de l'argenture galvanoplastique de l'acier. Après avoir en effet pris toutes les précautions possibles pour l'opération préalable du cuivrage, après s'être assuré que la couche de cuivre est parfaitement adhérente, il n'est pas rare de la voir se dissoudre en partie dans le bain de cyanure d'argent; alors l'argent n'adhère que dans les endroits où le cuivre s'est maintenu intact, et il devient impossible de le faire prendre sur les parties où l'acier a été mis à nu; ou bien encore, il arrive que le dépôt d'argent paraît se former d'une manière très-satisfaisante; mais, lorsqu'on vient à le frotter pour en essayer la solidité, on remarque que l'adhérence n'est qu'apparente, et que la couche de cuivre qui en a d'abord déterminé le dépôt, s'est trouvée entièrement dissoute; dans l'un et l'autre cas, il n'y a d'autres ressources que de recommencer en entier les deux opérations du cuivrage

et de l'argenture. Cet effet tient sans doute à ce que, dans les premiers moments de l'immersion de la pièce cuivrée dans le cyanure d'argent, la couche de cuivre agit sur l'acier à la manière d'une pile galvanique; car lorsque le cuivre est plongé isolément dans le cyanure de potassium, il s'y dissout beaucoup plus difficilement que l'or et l'argent. Au reste, c'est encore là un inconvénient uniquement attaché à l'argenture; rien de pareil ne se remarque lorsqu'on dore une pièce d'acier préalablement cuivrée.

Plus la couche de cuivre est mince, plus on est exposé au résultat fâcheux qui vient d'être indiqué; il est donc indispensable de prolonger longtemps l'opération du cuivrage; mais surtout il faut éviter, en cuivrant, d'employer pour anode du cuivre rouge du commerce, ce mélange renfermant souvent du zinc, et quelque petite que soit la proportion de ce dernier métal, elle suffit pour empêcher complètement la solidité du cuivrage lorsqu'il s'agit d'argenter ensuite. Le moyen qui paraît le plus sûr consiste à préparer le cyanure de cuivre au moyen de son oxyde précipité du sulfate de cuivre par le carbonate de potasse, et à employer pour le cuivrage un anode de platine; alors on est certain d'avoir un dépôt de cuivre pur. L'anode de platine accélère d'ailleurs le dépôt de cuivre, il suffit d'avoir soin d'ajouter de temps en temps, dans la solution, de nouvel oxyde. L'anode de cuivre ne tarde pas au contraire à s'oxyder, et dès lors ne conduit plus l'électricité que d'une manière imparfaite.

Quoique, dans les différents traités de galvanoplastique, le fer et l'acier paraissent avoir été assimilés l'un à l'autre en ce qui concerne l'argenture, ils offrent cependant entre eux, sous ce rapport, une différence bien tranchée; car le fer peut s'argenter directement d'une manière assez solide et sans cuivrage préalable; cette différence semble tenir uniquement à la présence du carbone dans l'acier, puisque lors même qu'il a été détrempé, il est également impossible d'y faire adhérer l'argent. Par suite de cette affinité plus grande du fer pour l'argent, on peut même parvenir à argenter l'acier en le recouvrant d'abord d'une légère couche de fer au moyen de la pile et du cyanure ferrugineux, ou en employant directement du cyanure d'argent et de potassium, auquel on ajoute une forte proportion de cyanure ferrugineux; mais il est bon d'observer que le dépôt qui se forme alors n'est pas parfaitement adhérent.

On peut encore argenter l'acier en le recouvrant d'abord

d'une couche d'étain; mais, de même que l'argenture, l'étamage s'obtient bien plus difficilement sur l'acier que sur le fer. Ainsi, en employant à chaud la dissolution d'oxyde d'étain dans le tartrate acidule de potasse rendu soluble par l'acide borique, l'étamage du fer s'opère immédiatement par le contact du zinc. L'acier, au contraire, ne peut s'y étamer que d'une manière presque insensible et qui ne permet pas l'application de l'argent. Il faut, pour étamer l'acier, faire agir la pile sur la solution d'oxyde d'étain dans la potasse, ou mieux encore dans la soude rendue caustique par l'hydrate de chaux, et encore, dans ce mode d'étamage, il faut un courant beaucoup plus énergique pour l'acier que pour le fer. Toutefois on peut argenter l'acier étamé de cette manière; mais, indépendamment de la difficulté de l'étamage, on éprouve l'inconvénient résultant du peu de dureté de l'étain qui rend l'argenture moins susceptible de résister aux frottements.

Frappé des difficultés que présentent les procédés employés jusqu'à présent pour l'argenture de l'acier, je me suis livré à une suite d'expériences pour parvenir à perfectionner cette branche intéressante de la galvanoplastique, et mes recherches m'ont conduit, enfin, à un résultat aussi simple que satisfaisant.

Ce nouveau procédé consiste à plonger, pendant quelques instants, l'acier dans une solution extrêmement faible de nitrate double d'argent et de mercure, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique. Pour composer cette solution, il suffit de faire dissoudre séparément 1 gramme (18 grains) de nitrate d'argent dans 60 grammes (2 onces) d'eau, et 1 gramme (18 grains) de nitrate de mercure dans une égale quantité du même liquide. On mélange ensuite les deux solutions auxquelles on ajoute 4 grammes (1 gros) d'acide nitrique à 40 degrés de l'aréomètre de Baumé. Peut-être ces proportions ne sont-elles pas tout-à-fait rigoureuses, mais l'addition de l'acide nitrique est absolument essentielle. Il faut éviter d'employer de l'eau renfermant de l'hydrochlorate de chaux ou des matières organiques; car elle produirait inévitablement l'effet bien connu de décomposer en partie le nitrate d'argent; il faut, autant que possible, se servir d'eau distillée. On ne doit pas s'attendre à voir le nitrate de mercure se dissoudre en totalité dans l'eau, car on sait qu'il s'y transforme en sous-nitrate et en nitrate acide qui reste dans la liqueur, tandis que le sous-nitrate se précipite en poudre d'un jaune ver-

dâtre. Ce dépôt doit être conservé dans la solution destinée à l'argenture. Il n'est pas nécessaire que le nitrate d'argent soit pur ; celui qu'on obtient en faisant agir l'acide nitrique sous l'argent allié à un dixième de cuivre, produit absolument le même effet.

Lorsque l'acier a été plongé dans la solution de nitrate double de mercure et d'argent, il se recouvre presque constamment d'un léger dépôt noirâtre qui s'enlève avec facilité en passant un linge à sa surface. L'acier se trouve alors parfaitement décapé et revêtu en même temps d'une pellicule d'argent extrêmement mince, mais d'une adhérence intime. Le dépôt noirâtre qui se forme m'a paru composé presque exclusivement de carbone, corps dont la présence, comme je l'ai fait remarquer précédemment, s'oppose seule au dépôt de l'argent sur l'acier. Après cette préparation si simple et si rapide, la pièce d'acier se trouve parfaitement disposée à recevoir la couche d'argent, qui se forme avec la plus grande facilité, et d'une manière tellement adhérente que, non-seulement elle peut supporter le bruni le plus prolongé, mais qu'elle peut même résister à la chaleur rouge sans rien perdre de sa solidité. C'est une expérience que j'ai faite plusieurs fois, et dont le succès, quelque étonnant qu'il soit, a toujours été constant. Plongé dans la même solution, le fer ne subit aucune altération; il conserve son brillant métallique; il s'y forme cependant, comme sur l'acier, un très-léger dépôt d'argent qui paraît favoriser la solidité de son argenture, quoique cette préparation ne soit pas nécessaire pour le fer.

Si, au lieu d'employer le nitrate double d'argent ou de mercure, on se borne à tremper l'acier dans une solution de nitrate de mercure, il se forme bien une couche d'argent à la surface lorsqu'on fait agir la pile, mais il n'y a pas adhérence. Il en est de même si on emploie isolément le nitrate d'argent. Si, au contraire, après avoir plongé l'acier dans le nitrate d'argent, on le soumet ensuite à l'action du nitrate de mercure, en supposant l'un et l'autre de ces sels légèrement acides, on obtient ensuite par la pile une argenture aussi solide qu'en préparant directement la pièce à argenter par le nitrate double de mercure et d'argent; mais ce dernier procédé, comme étant le plus simple, doit être préféré.

Au reste, la proportion de la solution qui sert de base au nouveau mode d'argenture est très-peu dispendieuse, puisque 124 grammes (4 onces) reviennent à peine à 75 centimes. Elle

ne paraît pas perdre sensiblement de son efficacité par l'usage prolongé qu'on en peut faire. On peut même se borner, au lieu de plonger l'acier dans la solution, à le frotter pendant quelques instants avec un linge qui en est imbibé, en se rappelant cependant l'effet que produit le nitrate d'argent sur la peau.

Il devient facile, au moyen du nouveau procédé, de réparer les pièces d'acier argentées par l'ancienne méthode du cuivrage, et sur lesquelles quelques parties de l'acier se trouvent mises à nu. Il suffit, pour cela, après avoir enlevé tout ce qui n'est pas adhérent, après avoir bien décapé ces endroits altérés, de les frotter quelques instants avec la solution indiquée, et de les argenter ensuite à la manière ordinaire. L'immersion dans cette solution produit un décapage tellement complet, qu'il a pour effet de faire adhérer l'argent même dans les petits défauts que le polissage laisse encore souvent à la surface des objets d'acier; avantage qu'on ne pouvait obtenir par le cuivrage, et qui est d'autant plus précieux que c'est par ces petits défauts que commence ordinairement l'oxydation des pièces argentées.

Ainsi, dorénavant, l'acier pourra s'argenter aussi facilement et aussi solidement pour le moins que le cuivre ; plus de cuivrage préalable, plus d'argenture défectueuse et incomplète ; adhérence parfaite au moyen d'une simple immersion dans une solution qui sert, en quelque sorte, de mordant; tels sont les résultats satisfaisants que présente le nouveau procédé.

Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que la couche d'argent, dont on obtient le dépôt par la pile, doit, dans la nouvelle méthode comme dans celle du cuivrage préalable, atteindre une certaine épaisseur pour préserver complètement l'acier de l'oxydation. Comment reconnaître que la couche d'argent a contracté une épaisseur suffisante pour atteindre le but? Le moyen qui m'a paru le plus sûr, et en même temps d'une grande simplicité, consiste à plonger, pendant un certain temps, une très-petite partie de la pièce argentée dans une solution acide de sulfate de cuivre. Tant que l'argent y contracte une couleur jaune, c'est un indice certain que la couche d'argent est insuffisante ; elle est encore perméable, puisqu'elle permet à l'acier d'exercer son action sur le sulfate de cuivre. Au reste, on ne doit avoir recours à cette expérience que lorsqu'on est à peu près certain d'être arrivé à l'épaisseur convenable, car l'argent ne peut se cuivrer ainsi,

fût-ce même légèrement, qu'aux dépens de son adhérence, et, dans tous les cas, il vaut mieux aller un peu au-delà de ce qui est strictement nécessaire. Plus la couche d'argent sera épaisse, plus on aura de garanties contre l'oxydation.

Pour obtenir une bonne argenture, il n'est pas nécessaire d'employer le cyanure préparé avec l'argent pur, au moins lorsque la pièce d'acier a été décapée avec le nitrate double d'argent et de mercure. L'argent qui se trouve habituellement dans le commerce, et qui, comme on sait, renferme environ un dixième de cuivre, produit un effet aussi satisfaisant, sauf la blancheur un peu moins grande du dépôt. Il suffit, pour préparer ce cyanure, de faire dissoudre directement, à l'aide de la pile et d'une chaleur modérée, l'argent dans le cyanure de potassium. On évite ainsi l'embarras assez grand résultant de la purification de l'argent et de la préparation de son cyanure. Lorsqu'il s'agit, au contraire, de pièces préparées par la méthode du cuivrage, on ne peut obtenir d'adhérence qu'en employant le cyanure double de potassium et d'argent parfaitement pur. C'est encore un nouvel avantage du procédé sur lequel je viens d'appeler l'attention.

Dans tous les cas, il est essentiel, pour la solidité du dépôt, que le courant galvanique ne soit pas assez fort pour faire dégager abondamment l'hydrogène à la surface de la pièce qu'on argente ; mais un faible dégagement de ce gaz ne paraît présenter aucun inconvénient.

Une autre observation non moins importante, c'est que, si l'on tient à conserver longtemps une solution de cyanure double de potassium et d'argent, il faut bien se garder de s'en servir pour argenter le laiton. Le contact du laiton et des autres alliages renfermant du zinc produit une prompte altération du cyanure, au point que celui qui a servi une seule fois à cet usage n'est plus propre à argenter l'acier. Il ne faut employer, pour le laiton, que des solutions à peu près usées.

Enfin, dans l'intérêt de ceux qui se livrent à des expériences de galvanoplastique, il est bon d'ajouter une dernière remarque, c'est que le cyanure de potassium préparé d'après le procédé du professeur Liebig, le seul dont j'aie fait usage et qui est certainement le moins dispendieux, puisque, lorsqu'on le prépare soi-même, il ne revient qu'à 40 centimes les 30 grammes (l'once), ne peut se conserver qu'à l'état solide, et doit être renfermé dans un flacon bouché à l'émeri immédiatement après son refroidissement à la sortie du creuset.

Lorsqu'il est en solution dans l'eau, il ne se conserve qu'autant qu'il est uni au cyanure d'argent ou à un cyanure métallique. S'il n'est pas en combinaison avec ces sels, il ne tarde pas à se décomposer en dégageant une forte odeur d'ammoniaque et donnant lieu à un dépôt d'un brun rougeâtre. Alors il conserve encore la faculté de dissoudre le cyanure d'argent; mais on ne peut en obtenir le dépôt au moyen de la pile.

Tel est le résultat des recherches auxquelles je me suis longtemps livré sur l'argenture de l'acier. Puissent-elles offrir quelque utilité à ceux qui, comme moi, se plaisent à consacrer une partie de leurs loisirs aux expériences si attrayantes de la galvanoplastique!

Je dirai encore un mot sur la manière de sécher la pièce argentée. En effet, lorsque l'acier, après avoir été trempé dans le nitrate de mercure et d'argent, a été soumis pendant quelques instants à l'action de la pile, et qu'il a pris la couleur blanche, il est important de l'en retirer, et, après l'avoir lavé dans l'eau pure, de le soumettre à une chaleur modérée, de manière qu'il soit légèrement brûlant à la main. Le dépôt d'argent, qui auparavant était peu adhérent, contracte immédiatement une grande solidité. On plonge ensuite de nouveau l'acier dans le bain de cyanure de potassium et d'argent, et, quand la couche est suffisamment épaisse, on la fait sécher une dernière fois de la même manière. On obtient ainsi, dans tous les cas, une argenture très-solide.

Enfin, j'ajouterai qu'il ne faut pas chercher à hâter le dépôt de la couche d'argent en employant un anode d'argent volumineux, car il en résulterait des soufflures qui seraient sans adhérence. Il faut, au contraire, employer un anode mince et long que l'on plonge, à une certaine profondeur, dans le bain de cyanure d'argent, mais en ayant toujours soin d'éviter le dégagement de l'hydrogène à la surface de la pièce qu'on argente. Quoique ce dégagement paraisse sans inconvénient, lorsqu'il est presque insensible, il vaut mieux l'éviter complètement, car, poussé à un certain degré, il donne lieu à des soufflures dans la couche d'argent. J'emploie ordinairement une pile de Wollaston de 10 éléments, disposés de manière qu'on peut, à volonté, modifier le courant en la plongeant plus ou moins dans le liquide excitateur. Il m'a paru avantageux pour l'argenture, lorsqu'on emploie le cyanure préparé avec l'argent renfermant un dixième de cuivre, d'agir avec des élé-

ments très-petits et un courant assez fort; il vaut mieux diminuer l'étendue des éléments et exciter la pile un peu plus fortement. Au reste, quoiqu'on obtienne une bonne argenture en se servant du cyanure préparé avec l'argent allié au cuivre, l'opération est plus facile à conduire en se servant du cyanure d'argent pur; le dépôt s'opère alors avec un courant moins fort. Il est essentiel d'employer des conducteurs très-longs et très-minces; je donne ordinairement au conducteur zinc une longueur de 1 mètre (3 pieds), et de 50 centimètres (1 pied 6 pouces) seulement au conducteur cuivre, en contournant l'un et l'autre autour d'un tube de verre. Quant à l'effet d'une forte chaleur sur l'argenture, il faut observer qu'il est beaucoup moins sensible sur la pièce argentée, lorsque le dépôt d'argent est mince, que lorsqu'il a acquis de l'épaisseur; car alors, quoique l'argenture supporte facilement un bruni très-prolongé, une chaleur un peu forte y occasionne des soufflures.

§ VI. DES QUALITÉS ESSENTIELLES DE LA DORURE ET DE L'ARGENTURE ÉLECTRO-CHIMIQUES, ET DES MOYENS D'OBTENIR CES QUALITÉS.

Nous avons passé en revue, dans la première partie de cet Appendice, tous les appareils qui peuvent être employés aux opérations électro-métallurgiques, et nous avons exposé les motifs qui doivent faire donner la préférence à quelques-uns de ces appareils. Relativement à la dorure et à l'argenture, les piles composées présentent un immense avantage sur les appareils simples. Elles permettent l'emploi de l'auge à décomposition, et l'on n'aura plus à regretter la perte d'un métal précieux qui se réduit inutilement sur les diaphragmes des piles simples. En outre, si l'on fait plonger dans l'auge un anode soluble de même nature que le métal à réduire, la dissolution conservera le même degré de concentration, et pourra servir indéfiniment.

Il n'est pas nécessaire d'entrer ici dans de nouveaux développements sur la composition des bains d'or et d'argent; nous nous sommes étendu suffisamment sur cet objet au Chapitre des *bains métalliques*, et nous avons indiqué ceux qui nous paraissent présenter le plus de chances de succès.

Il nous reste à examiner les causes qui peuvent déterminer la réussite de la dorure et de l'argenture, avec toutes les qua-

lités que l'on recherche généralement. M. Becquerel a traité cet important sujet, dans ses *Eléments d'Electro-Chimie*, avec tout le talent qui le distingue. Nous ne pouvons donc mieux faire que de résumer, en peu de mots, les recommandations présentées par ce savant pour obtenir l'adhérence et l'épaisseur de la couche déposée, et pour modifier à volonté la couleur et l'apparence de la surface dorée ou argentée.

1° *De l'adhérence.*

La première et la plus importante qualité d'une bonne dorure, est la parfaite adhérence de l'or sur la surface qu'il recouvre. Pour arriver à ce résultat, il faut que la superficie des objets présente certaines conditions chimiques et mécaniques que nous allons examiner.

On sait que tous les objets soumis à l'influence de l'atmosphère se revêtent d'une couche d'air, et l'oxygène, qui forme un des éléments constitutifs de ce corps, ne tarde pas à déterminer, à la superficie des métaux, un commencement d'oxydation qui, pour n'être pas toujours appréciable à la vue, n'en existe pas moins réellement. Or, on conçoit facilement que l'interposition de cette couche d'air ou d'oxyde, si elle n'est pas détruite, doit s'opposer au contact parfait de la couche d'or avec l'objet qu'elle doit revêtir, et, par une suite nécessaire, la dorure n'est point adhérente. Nous avons déjà fait voir (1) comment on parvient à vaincre cette cause d'insuccès, au moyen de dérochages et de décapages destinés à aviver la surface qu'on veut dorer ou argenter. Nous insisterons néanmoins sur un point qui nous paraît très-important, c'est de plonger toujours les objets dans l'appareil *immédiatement* après le lavage qui suit les opérations du décapage.

Mais il ne suffirait pas d'avoir entièrement débarrassé la surface de tous les corps étrangers qui peuvent y adhérer, si l'objet à dorer était de nature à réagir avec la solution métallique lors de son immersion dans l'appareil. C'est ce qui aurait lieu infailliblement, si le sel d'or en dissolution renfermait quelque trace d'acide. Cet acide ne manquerait pas d'attaquer la superficie de l'objet au moment même où il est plongé dans le bain, et avant qu'il ait pu être recouvert d'aucune couche d'or; dès-lors, le dépôt métallique n'ayant plus lieu sur une surface entièrement nette, manquerait d'adhérence

(1) Chapitre des *Dérochages et Décapages*, page 199.

et de solidité. On ne saurait donc trop recommander de n'employer, pour la dorure, que des solutions alcalines, ou du moins parfaitement neutres. Si l'on se sert de ces dernières, il est à propos de les étendre d'une certaine quantité d'eau (sauf à n'employer qu'un courant très-faible), parce qu'alors les particules acides qu'elles peuvent encore renfermer exercent une influence bien moindre sur la superficie de l'objet à dorer.

MM. Elkington et Becquerel ont eu l'heureuse idée de combiner, en quelque sorte, l'ancien procédé de dorure avec le nouveau, et d'utiliser l'extrême affinité qui existe entre l'or et le mercure, en déposant une couche infiniment mince de ce dernier métal sur les objets que l'on veut dorer par voie galvanique.

Après avoir parfaitement décapé ces objets, on les plonge dans une solution étendue de proto-nitrate de mercure; on les lave ensuite à grande eau, puis on les frotte avec une peau très-douce, pour bien étendre la couche de mercure. On recommence l'opération jusqu'à ce que la pièce soit entièrement amalgamée et présente un aspect mat ou poli, suivant l'effet qu'on veut obtenir, et d'une couleur blanche. Il faut se rappeler que la couche de mercure doit être excessivement mince, et juste suffisante pour se combiner avec le métal à recouvrir. Un excès de mercure produirait un effet contraire à celui qu'on veut obtenir, car il se formerait alors un amalgame blanc d'or et de mercure, qui nuirait à la fois à l'adhérence et à la couleur de la dorure. Lors de la mise en couleur de la pièce, l'élévation de température nécessaire pour cette opération détermine l'évaporation du mercure, et la dorure présente un fort bel aspect.

Nous verrons plus loin les causes qui produisent le mat ou le poli; continuons d'examiner ce qui a rapport à l'adhérence.

Nous avons dit que, pour obtenir une dorure adhérente, il fallait opérer sur une surface aussi chimiquement pure que possible; mais l'état moléculaire de cette surface n'exerce pas une moins grande influence sur la nature et la qualité du dépôt. En général, les surfaces un peu rugueuses, celles, par exemple, qui ont été recouvertes d'une multitude de petites aspérités à l'aide du décapage par la voie sèche (1), sont dans les conditions les plus favorables pour recevoir une dorure

(1) Voyez *page* 201.

très-adhérente. Malheureusement ce mode de décapage ne peut pas être employé dans tous les cas, et donne à la dorure une couleur peu agréable. Il n'en reste pas moins établi, comme principe général, que l'adhérence du dépôt est d'autant plus forte que le corps recouvert présente une surface plus rugueuse et mieux avivée.

Outre ces causes qui tiennent à l'état de la surface du métal à recouvrir, il en est d'autres qui se rattachent à la manière de diriger la pile pour modifier l'intensité du courant, suivant le degré de concentration du bain métallique. Nous avons déjà dit qu'en général il y avait tout avantage à se servir de solutions très-étendues; la dorure marche alors plus lentement, mais le dépôt s'opère d'une manière bien plus uniforme, des molécules infiniment petites viennent se cristalliser sans trouble les unes contre les autres, et la masse du dépôt acquiert ainsi une densité et une cohésion parfaites.

On se rappelle les lois de la réduction des métaux, si bien exposées par M. Smee (Nos 148 à 162), et l'on n'a pas oublié que, sous l'influence d'un courant trop énergique, les métaux se précipitent à l'état de poudre noire; tandis que, si l'action électrique est trop faible, la réduction a lieu en cristaux irréguliers et d'une mauvaise couleur. Il y a, entre ces deux extrêmes, un terme moyen qu'il faut savoir saisir, car les circonstances qui déterminent la réduction du métal à l'état le plus régulier sont aussi celles qui donnent au dépôt métallique la plus grande adhérence possible.

Supposons donc le cas le plus ordinaire, celui où la pile fonctionne avec trop d'énergie, et voyons comment se comportera une opération de dorure dirigée sous cette influence. Quelque soin que l'on ait apporté à la préparation de l'objet à dorer, il se recouvrira, aussitôt son immersion dans le bain, d'une couche noire pulvérulente. Si l'on diminue progressivement la force du courant, le dépôt passera successivement par les nuances purpurine, brun-rouge, dorure rouge, rouge-jaunâtre, et enfin dorure jaune, qui est la plus parfaite et la plus adhérente.

On peut employer plusieurs moyens pour modifier un courant trop énergique. Il suffit, pour y parvenir, ou d'étendre le liquide excitant, en ajoutant une certaine quantité d'eau, ou de diminuer le volume de zinc qui plonge dans ce liquide. On peut encore diminuer le volume de l'anode qui plonge dans la cuve à décomposition, ou éloigner cet anode de l'ob-

jet à dorer. En adoptant ces diverses modifications, ensemble ou séparément, on parviendra à régler parfaitement le courant au point où l'on obtient la dorure parfaite.

S'il était au contraire nécessaire d'augmenter la force du courant, on adopterait des dispositions tout-à-fait opposées.

La température du bain métallique exerce aussi une action sur la réduction du métal. Plus elle est élevée, plus l'opération marche avec célérité; mais alors le dépôt offre moins d'adhérence. On pourra donc encore élever ou abaisser la température pour modifier à volonté la marche de l'action galvanique.

Tout ce qui vient d'être dit pour la dorure s'applique également à l'argenture électro-chimique; c'est surtout dans la réduction de l'argent qu'on doit craindre de donner trop d'énergie à la pile.

2° De l'épaisseur.

Ce serait peu d'obtenir une dorure parfaitement adhérente, si le dépôt ne présentait pas en outre une épaisseur suffisante pour résister aux frottements et à l'usage. Si l'on se contentait, en effet, de recouvrir les objets d'un simple réseau métallique présentant de nombreux interstices, le métal recouvert, au lieu d'être protégé par la dorure, serait encore plus sujet à s'oxyder sous l'influence du couple galvanique qu'il formerait avec l'or déposé.

C'est donc surtout lorsqu'on veut obtenir une certaine épaisseur qu'il faut redoubler de soins pour ne pas employer un courant trop fort. On devra aussi apporter une attention minutieuse à ce que ce courant reste constamment le même pendant toute la durée de l'opération. S'il en était autrement, le manque de similitude entre les molécules des différentes couches déposées empêcherait leur agrégation parfaite, et la dorure ainsi obtenue ne résisterait ni au frottement, ni à l'action du brunissoir.

Du reste, toutes les précautions qui ont été recommandées au N° précédent pour déterminer l'adhérence, sont également indispensables pour obtenir une couche suffisamment épaisse.

3° De la couleur de la dorure et de l'argenture. Du mat et du poli.

Nous avons vu précédemment que la couleur de la dorure se modifie sous l'influence d'un courant plus ou moins fort, et, aussi, suivant la nature du métal qu'il s'agit de dorer. C'est ainsi que la dorure sur cuivre prend généralement une teinte

foncée, tandis que sur l'argent elle est d'une couleur plus claire. Il n'est pas rare de voir un bain d'or, qui a servi pendant quelque temps, mais qui n'est pas épuisé parce qu'il a été alimenté aux dépens d'un anode soluble de même métal, donner à la dorure une couleur rouge cuivreuse. Cet effet doit être attribué à la présence, dans la dissolution, de petites particules cuivreuses que le bain a enlevées successivement aux objets qui y ont été plongés.

Ces observations ont été mises à profit pour modifier à volonté la couleur de la dorure. Si donc on veut avoir une dorure rouge, il suffira de mêler au bain d'or quelques gouttes d'une dissolution de cyanure de cuivre. Veut-on, au contraire, obtenir une dorure jaune-pâle, on ajoutera quelques gouttes de cyanure d'argent. En combinant ces divers moyens, il sera facile de varier indéfiniment les nuances de l'or déposé, en se conformant aux caprices si changeants de la mode.

La production du mat ou du poli repose sur un principe bien simple posé par M. Becquerel : « *Telle est la surface, telle est la dorure.* »

« Le poli d'une surface, dit M. Becquerel, consiste dans la faculté qu'elle possède de réfléchir régulièrement la lumière, ce qui exige que cette surface soit composée de particules disposées toutes de la même manière, c'est-à-dire ayant leurs facettes supérieures placées dans le même plan.

» Le mat, au contraire, paraît être le résultat de la réflexion irrégulière de la lumière, condition qui est remplie lorsque la surface est recouverte d'une infinité de petites aspérités dont les facettes affectent toutes sortes de directions. »

Si donc une surface métallique polie ou mate est plongée dans une solution d'or, sous l'influence d'un courant électrique, afin de la recouvrir d'une couche d'or, on comprend que l'état de cette surface sera très-peu modifié par la couche déposée, et que la dorure présentera le même aspect que la surface. Ceci cesserait d'être vrai, si l'on déposait une couche d'or assez épaisse pour changer l'état moléculaire primitif et la relation qui existait entre les inégalités de la surface. Mais il y a d'autres moyens de donner le mat ou le poli à la dorure, lorsqu'elle est terminée; ils seront décrits au numéro suivant.

4° *De la mise en couleur, du poli et du bruni.*

Il est rare que l'on obtienne du premier coup, même avec la dorure galvanique, cette belle couleur mate si estimée et

que l'on appelle *mat de pendule*. Presque toujours la surface se trouve salie en divers endroits par des particules de métaux étrangers ou de leurs oxydes. Il faut alors faire disparaître ces taches à l'aide d'une nouvelle opération appelée *mise en couleur*.

Lorsque l'on opère sur une dorure épaisse, on fait un mélange de :

Nitrate de potasse.	40
Alun.	25
Sel marin.	35

On fait fondre ces différents sels dans leur eau de cristallisation, on fixe alors la pièce à un fil de laiton et on la plonge à plusieurs reprises dans le mélange ci-dessus. Alors on la place dans une espèce de fourneau composé d'un manchon cylindrique en terre, et d'une grille également cylindrique, qui laisse un certain espace vide entre elle et le manchon. Cet espace est rempli par un mélange de coke et de charbon de bois que l'on allume. La pièce étant placée dans l'intérieur de la grille, en la tenant toujours par le fil de laiton, on laisse la température s'élever, et on la change fréquemment de place, jusqu'à ce que la matière saline dont elle est recouverte devienne transparente et commence à entrer en fusion. A ce moment, on enlève la pièce et on la plonge dans de l'acide nitrique faible, puis dans l'eau, et on la fait ensuite sécher à la sciure ou dans une étuve disposée à cet effet.

Pour les pièces qui ne sont revêtues que d'une mince couche d'or, le mélange indiqué ci-dessus serait trop actif, et pourrait, en quelques endroits, corroder trop fortement la dorure. On emploie alors la composition ci-après :

Nitrate de potasse.	250
Alun.	250
Sulfate de zinc.	125
Sulfate de fer.	125

On obtient le bruni et le poli à l'aide d'un instrument appelé gratte-brosse, ou avec le brunissoir.

Le premier est formé de la réunion de fils de laiton plus ou moins fins suivant l'effet qu'on veut obtenir, et serrés fortement les uns contre les autres avec un autre fil de laiton enroulé tout autour. On frotte la pièce avec cette brosse en la tenant plongée dans l'eau de savon ou acidulée par du vinaigre, jusqu'à ce qu'on ait obtenu le brillant désiré.

Le bruni consiste à passer une pierre sanguine ou hématite, taillée de diverses manières, suivant la forme des parties qu'on veut atteindre. On trempe de temps en temps le brunissoir dans l'eau vinaigrée, et l'on continue de frotter la pièce, jusqu'à ce qu'on obtienne un poli parfait. On la lave ensuite à l'eau froide, on l'essuie exactement avec un linge fin, et on la fait sécher lentement sur un réchaud.

Mise en couleur de l'argenture. — Procédé de M. MOUREY.

On avait remarqué que les objets soumis à l'argenture électro-chimique étaient sujets à prendre une teinte jaune désagréable quelques jours après leur sortie du bain métallique. Cet effet paraissait dû à la présence d'un sous-cyanure d'argent, qui se trouvait réduit à la surface des objets en même temps que l'argent, et qui se décomposait ensuite sous l'influence de la lumière. Un aussi grave défaut menaçait d'entraîner la ruine d'une industrie naissante et pleine d'avenir, si M. Mourey, un de nos plus habiles fabricants, n'avait pas trouvé le moyen d'y remédier d'une manière complète. Voici le moyen qu'il emploie pour y parvenir :

On prépare à chaud une dissolution de borax sous la consistance de bouillie claire. Les pièces argentées y sont plongées jusqu'à ce qu'elles en soient recouvertes. Elles sont alors soumises à une chaleur suffisante pour calciner le borax, mais qui ne doit pas excéder la couleur rouge-cerise. On les laisse ensuite refroidir, et on les soumet à un dérochage en les plongeant dans de l'eau aiguisée par l'acide sulfurique. Enfin on les lave à grande eau et on les fait sécher. Ce procédé réussit également bien sur les objets qui ne présenteraient pas une teinte blanche à la sortie du bain.

5° *Soins particuliers à donner à chacun des métaux qui doivent être dorés ou argentés.*

Les objets en cuivre ou en laiton seront d'abord soumis aux opérations de dérochage et de décapage qui ont été indiquées précédemment.

Pour dérocher et décaper l'argent, on fait rougir la pièce et on la plonge dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique. La surface est alors d'un blanc mat et reçoit une très-belle dorure mate. Si l'on voulait une dorure brillante, la surface, après avoir subi la préparation ci-dessus, serait ensuite polie à la ponce et au rouge d'Angleterre sans aucun intermédiaire de corps gras.

Le fer et l'acier peuvent être préparés de trois manières :

1° Les objets peuvent être recouverts d'une couche très-mince de cuivre.

2° Les pièces ayant été parfaitement écurées avec de la ponce très-fine, sont plongées dans l'acide sulfurique concentré, puis dans une solution chaude de potasse caustique, pour enlever l'acide. Cette méthode réussit parfaitement.

3° On peut déposer une couche de mercure sur la surface du fer, de manière à y produire un amalgame. Voici le moyen d'y réussir : on commence par décaper à l'acide sulfurique et à la potasse ; on plonge ensuite dans une solution étendue de proto-nitrate de mercure, contenant moitié environ de nitrate de cuivre. On lave, on étend l'amalgame avec une peau, ou on gratte-brosse si on veut obtenir le brillant ; on procède ensuite à la dorure.

Pour dorer le maillechort, on le décape avec de la ponce très-fine, on le plonge quelques instants dans la solution de proto-nitrate de mercure, on lave ensuite et on plonge dans le bain d'or.

CHAPITRE VIII.

PRÉCIPITATION GALVANIQUE DE QUELQUES ALLIAGES ET DES MÉTAUX, PAR M. H. DE RUOLZ.

Bronze. Le rapport fait à l'Académie, sur mes recherches, au nom de la Commission des prix Monthyon, par son illustre président M. Dumas (*voyez* page 251), contenait, à l'occasion de la possibilité de précipiter galvaniquement, non-seulement des métaux simples, mais encore des alliages, la phrase suivante : « C'est un point de vue dont M. de Ruolz ne s'est pas occupé, mais que nous recommandons à son zèle et à sa pénétration. »

En me laissant un souvenir de respectueuse reconnaissance, cette phrase m'a paru l'expression d'un ordre à exécuter, l'indication d'un devoir à remplir.

Déjà les ingénieuses applications de l'électro-chimie à la métallurgie, faites par M. Becquerel, rendaient le succès probable. En persistant dans mes recherches, j'ai cru devoir m'attacher principalement à l'alliage le plus important peut-être par ses nombreuses applications aux arts, celui dont des siècles d'expérience ont garanti les avantages sous le double rapport de la durée et de l'effet artistique, l'alliage des bon-

ches à feu, le bronze. Il résulte de mes recherches que pour obtenir galvaniquement la précipitation simultanée de deux métaux, il faut remplir les conditions suivantes :

1° Que les deux dissolutions métalliques qu'il faut mélanger, ne soient pas susceptibles de se décomposer réciproquement, en donnant lieu à un composé insoluble quelconque.

2° Que, dans les proportions à adopter, il ne faut pas avoir égard seulement aux quantités relatives des deux métaux qui constituent l'alliage que l'on veut obtenir, mais encore à la loi de précipitation de chaque métal pris individuellement, ou à la puissance électrique nécessaire pour précipiter, dans un temps x, une quantité donnée de chacun d'eux.

Ainsi, dans le cas qui nous occupe, pour obtenir un alliage composé de : cuivre 90, étain 10, il faut employer une dissolution contenant ces deux métaux dans des proportions toutes différentes.

En effet, les divers échantillons de *fer bronzé* que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie, et qui, d'après les analyses que j'ai pratiquées sur des pièces analogues, contiennent, comme l'alliage des bouches à feu, 10 à 20 p. 0/0 d'étain, ont été obtenus en faisant agir la pile à courant constant sur une dissolution ainsi composée :

Prenez eau 5,000 parties, faites-y dissoudre assez de cyanure de potassium pour marquer 4 degrés au pèse-sel, la température étant de + 25° c.

Faites dissoudre, dans cette liqueur à une température de + 50 à 60°, 30 parties de cyanure de cuivre sec ; puis faites dissoudre à la même température 10 parties de bioxyde d'étain. Une portion de l'étain réduit à l'état métallique apparaîtra sous forme d'une poudre noire, le reste se dissoudra non pas (telle est du moins notre pensée) à l'état de cyanure double, mais à l'état de stannate de potasse, à la faveur de l'excès d'alcali contenu dans la solution de cyanure de potassium.

Nous pensons que cette application pourra offrir de l'intérêt pour tous les objets de serrurerie en fer, auxquels le cuivrage ne convient pas sous le double rapport de la couleur désagréable du cuivre rouge et de l'altérabilité de ce métal, ainsi que pour un grand nombre d'objets d'art en fonte de fer.

Plombage. N'ayant rien changé aux procédés de plombage que nous avons eu l'honneur de soumettre à l'Académie, nous ne le décrirons pas ici. Mais nous lui adressons un tuyau en

fer recouvert à l'intérieur comme à l'extérieur de 2 kilog. (4 livres) de plomb. Nous pensons que cette application peut offrir un grand avantage pour la conservation des tuyaux de conduite d'eau, ainsi que pour certaines grosses pièces de machines, notamment des machines à vapeur, des paquebots exposés à l'action délétère de l'eau de mer. Le peu de facilité avec laquelle le plomb est attaqué par divers agents chimiques offre, à cet égard, toute chance de succès.

Nous joignons des échantillons d'ardoises en tôle fortement plombée. Elles sont taillées sur le modèle des ardoises ordinaires, et leur légèreté permet de les mettre au lieu et place de ces dernières sans être obligé de modifier le système de toiture des bâtiments.

Etamage. Nous avons aussi l'honneur d'adresser à l'Académie un morceau de corniche en fonte de fer recouvert d'une couche d'étain. La beauté de cet échantillon nous fait penser que l'on pourrait appliquer ce procédé à une foule d'ornements de ce genre en les préservant des effets délétères de l'air et de l'humidité.

Examen comparatif du zincage et du plombage ou étamage. Nous terminerons par quelques considérations sur le zincage comparé aux deux applications dont nous venons de parler.

Nos recherches à cet égard nous ont conduit aux résultats suivants :

1° Le zincage galvanique est industriellement inapplicable aux grosses pièces, vu la dépense énorme de force électrique qu'il exige, on en jugera par le tableau suivant :

Plombage.

Le tuyau qui est sous les yeux de l'Académie,
Durée égale de deux opérations,
Avec 6 éléments de notre pile, a pris 2 kilog. (4 livres).

Zincage.

Un tuyau semblable,
Avec 300 éléments de la même pile, a pris 500 grammes (une livre).

2° Le zinc par son contact avec le fer devient positif, mais l'influence préservatrice qui en résulte, ne s'exerce que dans un *très-petit rayon;* de telle sorte qu'une pièce étant zinquée, si une partie du fer se trouve mise à nu, cette partie se rouille avec autant de rapidité que si la pièce n'était pas zinquée sur

le reste de sa surface. Nous avons fait à cet égard des épreuves réitérées.

3° Le zinc est par lui-même un métal facilement attaquable, et, sous ce rapport, très-inférieur à l'étain et surtout au plomb, auxquels il est facile d'ailleurs, par les motifs déjà exposés, de donner une épaisseur beaucoup plus grande.

4° Les inconvénients du zincage par immersion dans un bain de zinc sont connus, et le rapport de l'illustre académicien, que nous avons déjà cité, nous dispense de détails à cet égard.

Par suite de tous ces motifs, nous sommes convaincu que comme moyen préservatif du fer et de la fonte, le plomb ou l'étain, suivant le cas, doit être préféré au zinc.

Nous ajouterons que le prix du plomb est beaucoup moins élevé que celui du zinc, et que nous pouvons l'appliquer en augmentant très-peu la valeur du métal déposé. En effet, nous employons une dissolution de litharge dans la potasse : cette dernière n'étant pas décomposée, le bain une fois fait peut servir indéfiniment et se trouve entretenu constamment au même état de saturation, soit en employant comme pôle positif une large feuille de plomb, qui se dissout en quantité équivalente au plomb précipité, soit en rechargeant le bain de litharge à mesure qu'il s'épuise. La main-d'œuvre est nulle, et l'on a vu que la dépense de l'électricité est minime.

Nous ajouterons que le plombage nous paraîtrait pouvoir s'appliquer avec avantage à la conservation des boulets, qui, s'altérant en mer, ne sont plus de calibre, et que l'on est dans l'usage, au retour des expéditions longues, de recouvrir mécaniquement d'un fourreau de plomb, moyen infiniment plus dispendieux que celui que nous proposons. Resterait même peut-être à examiner si, par suite de la flexibilité du plomb et de l'action qu'exercerait sur lui le refouloir, en faisant remplir hermétiquement l'axe de la pièce, la force d'impulsion ne serait pas augmentée.

CHAPITRE IX.

DE LA RÉDUCTION DU LAITON PAR VOIE GALVANIQUE, PAR M. H. JACOBY.

Il y a déjà quelque temps que M. de Ruolz a communiqué, à l'Académie des sciences de Paris, un procédé propre à déposer par voie galvanique une couche de bronze sur d'autres

métaux (1). Ce procédé consiste, ainsi qu'on peut s'en rappeler, à dissoudre du cyanure de cuivre et du bioxyde d'étain, en proportions déterminées, dans du cyanure de potassium, et à faire agir sur cette solution une batterie galvanique à courant constant. Comme ce procédé ne se prête pas facilement aux exigences de la pratique, surtout en ce que la liqueur, quand elle est épuisée, a besoin presque toujours d'être renouvelée en entier, j'ai fait usage depuis quelque temps du moyen suivant, pour préparer, au lieu d'un alliage de cuivre et d'étain, un alliage de cuivre et de zinc ou de laiton par la voie galvanique.

A cet effet je prends une solution assez concentrée de cyanure de potassium, un anode de cuivre et un cathode d'un autre métal, et je fais agir sur cette dissolution un courant produit par une batterie de Daniell, composée de deux couples au moins. Pendant que la liqueur se décompose, le cuivre se transforme peu à peu en cyanure, qui se dissout dans le cyanure de potassium. La liqueur renferme donc alors une certaine proportion de cuivre, et dès qu'elle est suffisamment riche, le cuivre commence à se déposer sur la surface du cathode sous l'état métallique. Aussitôt qu'on aperçoit les premières traces de cette réduction, on interrompt l'opération, et au lieu d'une plaque de cuivre on suspend dans la liqueur une plaque de zinc. Dans cet état il se réduit toujours du cuivre, mais ce métal, qui perd peu à peu sa couleur rouge, passe à celle jaune du laiton.

Lorsqu'on a atteint, pour le laiton déposé, la couleur qu'on désire, on peut enlever l'anode de zinc et lui substituer un anode en laiton ordinaire. Le cathode qui a servi aux épreuves préliminaires, est de même enlevé et remplacé par l'objet qu'on se propose de recouvrir d'une couche de laiton.

Les liqueurs ou bains de laiton préparés, ainsi qu'il est permis de le dire, par voie purement galvanique, peuvent servir pendant un temps indéterminé, et il n'est besoin, pour les maintenir en état, que d'y ajouter de temps à autre un peu de cyanure de potassium.

Il est indifférent de prendre d'abord l'anode cuivre, puis ensuite l'anode zinc, ou de procéder d'une manière inverse. Je me suis même très-souvent servi d'un anode en laiton, mais ce

(1) Voir le chapitre précédent.

Digitized by Google

n'est que rarement que j'ai obtenu ainsi la couleur désirée, il se réduit toujours un petit excès soit de cuivre, soit de zinc.

Si l'objet est brillant et poli, la première couche de l'alliage présentera ces mêmes propriétés; ce n'est seulement que lorsque l'enduit prendra de l'épaisseur, qu'on obtiendra le mat qui est le caractère de la plupart des enduits galvaniques.

La préparation du bain ci-dessus marche d'autant plus rapidement, que la dissolution du cyanure de potassium est plus concentrée. Avec des dissolutions étendues, il faut, tant dans les commencements que lors des réductions subséquentes, faire usage d'une batterie plus forte, et qui compte jusqu'à quatre couples et même davantage.

On peut modifier à volonté la couleur du laiton, et obtenir une couche tout-à-fait semblable à un beau tomback, lorsqu'on se sert simultanément, avec l'anode de laiton, d'un anode de cuivre d'une surface plus ou moins étendue.

Le procédé que je viens de décrire n'était pas, au moins à ma connaissance, encore connu; il peut être employé aussi avec avantage, pour recouvrir d'une couche de laiton du cuivre réduit par voie galvanique. Il facilitera les moyens de communiquer aux produits de la galvanoplastique un bronzage semblable à la patine antique, propriété que le cuivre n'acquiert, du moins d'après mes expériences, qu'avec une extrême difficulté. Mais il sera surtout avantageux quand il s'agira d'enduire de laiton des objets en fer, de luxe, ou d'application usuelle, ce qui ne s'était pratiqué jusqu'à présent que par une sorte de plaqué avec du laiton réduit en feuilles minces, et ce qui est très-long et dispendieux.

Tout le monde sait que les liqueurs électrolysées, qui renferment simultanément plusieurs sels oxygénés à bases métalliques, par exemple du sulfate de cuivre et du sulfate de zinc, ou bien du nitrate d'argent et du nitrate de cuivre, réduisent les métaux négatifs plus aisément que ceux positifs. Dans les dissolutions de sulfate de cuivre rendues fortement impures par du zinc ou du fer, le cuivre, en employant une faible batterie, est précipité presque jusqu'au dernier atôme, sans qu'on puisse y accuser la moindre substance étrangère. En conséquence, il m'a paru indubitable que par le mélange des cyanures de divers métaux, il devait se produire un effet inverse, c'est-à-dire, par exemple, que le zinc, quoiqu'il fût le métal positif, devait se réduire plus aisément que le cuivre. Pour communiquer au laiton précipité une couleur rougeâtre, il

m'a donc semblé qu'il fallait constamment la présence d'un grand excès de cuivre, et une action plus prolongée que dans le cas contraire. Des recherches précises sur les diverses circonstances qui ont lieu dans ce cas, n'ayant point encore été entreprises, je me contenterai de cette remarque qui aura peut-être quelque utilité dans les applications pratiques du procédé en question.

Depuis longtemps je me sers, pour la réduction de l'or et de l'argent, d'un procédé analogue, c'est-à-dire que je ne prépare pas de dissolutions chimiques d'or ou d'argent, mais que je les obtiens en me servant des anodes de ces métaux.

On peut obtenir des alliages semblables d'or et de cuivre par les mêmes procédés qui fournissent ceux de laiton, en se servant d'un cuivre anode dans une solution de cyanure d'or, ou réciproquement d'un or anode dans une solution de cyanure de cuivre. En faisant usage simultanément de dissolution de cyanure d'or et de cyanure d'argent, on trouve néanmoins, ainsi que l'annonce très-fréquemment l'expérience, cette circonstance remarquable, savoir : que pour une très-faible proportion d'argent et un grand excès d'or, l'argent, quoiqu'il constitue le métal positif, est plus aisément réduit, et communique à l'or, jusqu'à ce qu'il soit complètement épuisé, un ton pâle remarquable avec un reflet verdâtre; le zinc, comme on l'a vu ci-dessus, se comporte de la même manière.

Les objets nombreux en étain et en fer, que j'ai recouverts ainsi d'une couche épaisse en laiton, présentent des variétés de tons dans les couleurs qu'on leur a données, par la réduction qui démontre qu'il y a des proportions variables dans les métaux qui constituent cet alliage.

CONCLUSION.

Nous avons cru devoir renvoyer au 4e Livre de la Daguerréotypie, tous les procédés électro-chimiques qui se rattachent à la photographie.

Nous ne pouvons mieux terminer ce travail, où nous ne croyons avoir rien omis de ce qui a paru d'utile sur la galvanoplastie, qu'en reproduisant les admirables Mémoires qui ont été récemment publiés par M. Becquerel; ils renferment les dernières découvertes dues à cet infatigable savant, et qui sont de nature à diriger l'industrie électro-métallurgique dans des voies toutes nouvelles.

Mémoire sur l'application électro-chimique des oxydes et des métaux sur des métaux, par M. Becquerel.

§ I. De l'emploi de l'appareil a gaz oxygène pour la formation de l'hydrate de peroxyde de plomb, et l'application des oxydes sur les métaux.

Considérations générales.

Il y a déjà quelques années que j'ai décrit un appareil électro-chimique simple, à l'aide duquel on peut obtenir assez abondamment, en peu de temps, du gaz oxygène. Cet appareil, qui sert de type aux piles à courant constant, est formé d'un bocal rempli d'acide nitrique, dans lequel on plonge un tube de verre, fermé par en bas avec de l'argile retenue au moyen d'une coiffe en linge ficelée convenablement, et rempli d'une dissolution de potasse concentrée, de deux lames de platine immergées, l'une dans l'acide, l'autre dans la potasse, et communiquant ensemble au moyen d'un fil de platine, dont les bouts libres sont enroulés l'un sur l'autre. Dès que la communication est établie, il s'opère un dégagement abondant de gaz oxygène sur la lame plongeant dans la solution de potasse; cet effet est dû à l'action du courant résultant de la combinaison de l'acide avec la potasse, et qui agit avec d'autant plus de force que le bouchon d'argile est plus mince. On peut même substituer à l'argile du plâtre que l'on gâche à cet effet.

A l'époque où je fis connaître cet appareil, j'annonçai qu'il pourrait être employé utilement dans une foule de cas, principalement lorsqu'il s'agirait de présenter des oxydes à l'état naissant à d'autres corps avec lesquels on chercherait à les combiner. Mes prévisions ne m'ont pas trompé, comme on pourra en juger d'après les expériences dont je vais exposer les résultats.

Dans cet appareil, l'acide nitrique et probablement l'eau sont décomposés; les résultats de la décomposition sont : de l'oxygène dans le tube où se trouve la potasse, et de l'acide nitreux autour de la lame de platine qui est dans l'acide nitrique. Si l'on veut décomposer de l'eau mise dans un vase séparé, il suffit de remplacer la lame de platine qui plonge dans la potasse par une lame de zinc, et d'attacher à celle-ci un fil de platine, au bout duquel on fixe une autre lame de platine, et d'en mettre également une au bout libre du second fil. Dès l'instant qu'on plonge les deux lames dans l'eau, celle-ci est décomposée; la lame en relation avec celle qui est dans

la potasse est le pôle négatif, et l'autre le pôle positif. Le dégagement de gaz est abondant sur chacune d'elles.

Voici ce qui arrive dans la substitution du zinc au platine : le premier étant oxydé par la réaction qu'exerce sur lui la solution alcaline, prend l'électricité négative; de plus, dans la réaction de l'acide sur la solution alcaline, celle-ci s'empare de l'électricité négative qu'elle transmet à la lame de zinc, de sorte que lorsque le circuit est fermé, le courant résultant de la réaction des deux liquides l'un sur l'autre s'ajoute à celui qui provient de l'oxydation du zinc; mais comme ce double effet est produit sans l'intervention du nouveau couple, et par conséquent sans qu'il y ait une nouvelle alternative, il s'ensuit que le courant a une force décomposante plus énergique que dans le premier cas; aussi l'eau est-elle décomposée abondamment dans un vase séparé de l'appareil, quoique faisant partie du circuit. On peut cependant prouver que l'eau est également décomposée dans le vase séparé, en ne se servant que de l'appareil simple à lames de platine; il faut, pour cela, mettre à profit la propriété que possèdent les solutions de sels de plomb d'être décomposées quand elles sont en contact avec la lame positive d'un appareil voltaïque. Dans ce cas, l'oxyde de plomb, passant au maximum d'oxydation, se sépare de son acide et se dépose sur la lame. Si l'on dissout un sel de plomb dans l'eau à décomposer, la très-faible quantité d'oxygène qui arrive sur la lame positive empêche ordinairement toute décomposition ultérieure, ainsi que M. de la Rive l'a prouvé récemment; mais ici le gaz se combine avec le protoxyde de plomb, d'où résulte un peroxyde qui se précipite, de sorte que la cause qui s'opposait à la circulation du courant n'existe plus. La teinte brune que prend la lame indique nécessairement la décomposition de l'eau; il suffit d'ajouter à cette dernière une solution de protoxyde de plomb dans la potasse. On est conduit par là à examiner ce qui se passe dans l'appareil simple, en substituant à la solution de potasse la solution alcaline de plomb; et, pour plus de simplicité, remplaçons l'acide nitrique concentré par une dissolution concentrée de sulfate de cuivre, en établissant la communication entre les deux liquides au moyen de lames de platine; peu de temps après, suivant la facilité avec laquelle passe le courant, la lame de platine qui se trouve dans la potasse noircit et se recouvre d'une couche excessivement mince de peroxyde de plomb, tandis que la lame, plongeant dans le cuivre, ne se

recouvre pas de cuivre à l'état métallique. De là il faut conclure que le courant produit par la réaction du sulfate de cuivre sur la potasse, par l'intermédiaire de l'argile humide, décompose l'eau; que l'oxygène fait passer le plomb à l'état de peroxyde, tandis que l'hydrogène transforme le sulfate de deutoxyde de cuivre en sulfate de protoxyde, puisqu'il ne se dégage pas d'hydrogène et qu'il ne se précipite pas de cuivre pendant longtemps sur la lame négative. Opère-t-on avec l'acide nitrique concentré, au lieu de sulfate de cuivre, les effets changent, comme on va le voir.

De l'hydrate de peroxyde de plomb.

On remplit le tube d'une dissolution concentrée de potasse et de protoxyde de plomb, on laisse de l'acide nitrique dans le bocal, et l'on ferme le circuit avec les deux lames et le fil de platine. L'acide nitrique est décomposé; l'oxygène est transporté sur la lame qui se trouve dans la solution alcaline, et, au lieu de se dégager, il réagit sur le protoxyde de plomb, et le fait passer, non plus à l'état de peroxyde puce, mais bien à celui de peroxyde jaune, et avec formation de lamelles de peroxyde anhydre, selon l'intensité du courant, toutes les fois que l'acide nitrique est concentré, et que la réaction de l'acide sur l'alcali est vive, condition que l'on obtient en employant une cloison d'argile peu épaisse. Le précipité, d'abord d'un beau jaune serin, prend, après avoir été lavé et séché à l'air, une teinte terne et ocreuse; séché dans le vide, il reste toujours jaune; mais sa teinte n'est pas aussi belle que lorsqu'il se trouvait dans la potasse, hors du contact de la lumière; il paraîtrait même que, dans les premiers instants de sa formation, la lumière agit sur lui. Quand il est très-sec, si on l'expose à l'action de la chaleur, il commence à perdre sa couleur jaune vers 30 degrés; et si l'on continue à élever la température, il se change en peroxyde puce de plomb. Chauffé dans un tube, les parois de celui-ci se recouvrent de gouttelettes d'eau; d'après cela, le nouveau composé ne serait donc qu'un hydrate de peroxyde.

Les résultats de l'analyse ne laissent aucun doute à cet égard. $0^{gr},179$ du précipité jaune séché avec soin dans le vide furent chauffés fortement pour les changer en peroxyde puce; après quoi ils ne pesaient plus que $0^{gr},165$; donc $0^{gr}014$ d'eau avaient été perdus. Les $0^{gr},179$ de précipité jaune devaient renfermer $0^{gr},165$ de peroxyde de plomb et $0^{gr},014$ d'eau. Or,

comme le poids de l'atôme du peroxyde est de 1494,5, celui de l'eau 112,50, il s'ensuit que $0^{gr},165$ et $0^{gr},014$ représentent 1 atôme de peroxyde de plomb et 1 atôme d'eau. Telle est la composition du composé jaune obtenu, qui est un peroxyde hydraté de plomb non encore décrit en chimie.

L'action de la lumière paraît être de faire perdre à ce composé son eau de cristallisation, pour le changer en peroxyde anhydre.

Pour se procurer une certaine quantité de ce composé, il faut remplacer le tube par un vase cylindrique en porcelaine dégourdie, et dans lequel on met la dissolution de potasse et de protoxyde de plomb. On peut favoriser l'action en s'aidant d'un couple, mais ne pas aller au-delà, si l'on veut éviter la formation d'une grande quantité de peroxyde anhydre. Une condition indispensable au succès de l'expérience est, nous le répétons, d'employer de l'acide nitrique concentré et une dissolution alcaline de protoxyde de plomb également concentrée. Nous verrons plus loin comment on se procure le protoxyde anhydre de fer : quant à l'hydrate de peroxyde de manganèse, les expériences entreprises dans le but de l'obtenir ont été sans succès; mais ces expériences m'ont mis à même de résoudre une autre question qui ne sera peut-être pas sans intérêt pour les arts qui s'occupent de recouvrir les métaux d'une couche inaltérable.

De l'application des oxydes avec adhérence sur les surfaces métalliques.

Si l'application des métaux sur d'autres métaux plus oxydables pour préserver ceux-ci des agents atmosphériques, occupe depuis longtemps tous les esprits, et si l'on a obtenu des résultats satisfaisants dans certains cas, quels ne seraient pas ces avantages si l'on substituait aux métaux moins oxydables des oxydes inaltérables, tels que les peroxydes de plomb et de fer, surtout ce dernier, qui est tellement fixe, qu'il résiste à l'action d'une température très-élevée! Cette question peut être résolue aujourd'hui à l'aide des appareils précédemment décrits, et en suivant à peu près le même mode d'expérimentation que pour obtenir les peroxydes anhydre et hydraté de plomb. Mais avant d'indiquer comment il faut opérer, je rappellerai que dans les expériences que je fis pour recueillir tout le plomb et le manganèse qui se trouvaient dans une dissolution, sans qu'il en restât aucune trace, le peroxyde de chacun de ces deux métaux se déposait sur la lame positive en

couches formées de parties peu cohérentes, et n'ayant aucune adhérence avec cette lame, qui devait être de platine ou d'or, pour éviter de faire de nouvelles réactions. Pour résoudre la question que je me suis posée, il fallait que le dépôt de peroxyde eût lieu avec adhérence, non point seulement sur l'or, le platine ou l'argent, qui n'ont pas besoin d'être préservés, mais bien sur le cuivre, le fer et autres métaux, d'un emploi plus usuel, et qui sont exposés souvent à toutes les variations atmosphériques. D'après les effets obtenus, dans le premier paragraphe de ce Mémoire, avec les dissolutions de protoxyde de plomb dans la potasse, je dus jeter les yeux sur les dissolutions alcalines : je n'avais le choix que des dissolutions dans la potasse ou dans l'ammoniaque. Or, parmi les oxydes que dissout la potasse, nous citerons le protoxyde de plomb, l'oxyde de zinc, le protoxyde d'étain, l'oxyde chromique, etc., tandis que l'ammoniaque dissout le protoxyde de fer, les oxydes de zinc et de cadmium, les bioxydes de cuivre, les oxydes de nickel, de cobalt, etc. Je ne me suis occupé seulement que de la dissolution du protoxyde de plomb dans la potasse, et de celle du protoxyde de fer dans l'ammoniaque, afin de bien mettre en évidence le principe de la fixation avec adhérence des oxydes sur les métaux, et montrer la marche à suivre pour l'appliquer à d'autres oxydes.

Commençons par la *dissolution potassique de plomb*. On a dissous dans un ballon 200 grammes de potasse caustique dans 2 litres d'eau distillée; on y a ajouté 150 grammes de litharge; on a fait bouillir pendant une demi-heure; on a laissé reposer la dissolution, après quoi on a pris un cylindre en porcelaine dégourdie rempli de la dissolution étendue de son volume d'eau. Le cylindre a été plongé dans un bocal contenant de l'eau acidulée par environ 1/20 de son poids d'acide nitrique, et dans laquelle plongeait une lame de platine communiquant au pôle négatif d'un couple voltaïque ordinaire à courant constant. Le pôle positif était en relation avec la pièce à recouvrir de protoxyde. Supposons une lame de fer, et voyons ce qui arrive. La lame, décapée à sec, adoucie à la lime et à la ponce, a été plongée dans la dissolution. Il s'est dégagé aussitôt une grande quantité d'hydrogène sur la lame de platine par suite de la décomposition de l'eau et de l'acide nitrique. L'oxygène, en se rendant au pôle positif, au lieu d'oxyder le fer, a changé en peroxyde le protoxyde de plomb, qui, attiré par le même pôle, en raison de son état négatif,

s'est déposé sur le fer et y a adhéré. Quelques minutes ont suffi pour que la lame fût recouverte de peroxyde de plomb, de couleur noire, ayant une légère teinte brunâtre. La pièce, retirée, séchée à la sciure, a supporté le poli au rouge d'Angleterre; alors la surface a pris un aspect noir plombeux d'un assez vif éclat. Une lame de cuivre, substituée à la lame de fer, a présenté les mêmes effets de couleur; l'adhérence a été un peu moins forte, mais cet effet ne tenait probablement qu'à l'état de la surface. Sur l'argent, le plaqué, surtout sur les objets dont la surface est légèrement rugueuse et couverte d'aspérités, l'adhérence est plus forte et supporte le bruni à la sanguine. La couleur est noir de jayet. Des feuilles découpées ont été préparées de cette manière, et les nervures brunies sans qu'on ait détaché du peroxyde. Après douze heures d'expérience, quand la dissolution n'est pas changée et qu'il ne reste que très-peu de protoxyde de plomb, la surface métallique se recouvre d'un précipité de peroxyde de plomb qui a peu d'adhérence, et dont l'effet est tel qu'il a le reflet d'un beau velours noir. Un petit buste en laiton, recouvert de peroxyde de plomb et bruni, a présenté l'aspect d'un joli bronze. Tant qu'il se dégage du gaz hydrogène sur la lame de platine, l'opération marche bien; quand le dégagement cesse, il faut y remédier en plongeant la lame de platine dans de l'acide nitrique, pour décaper sa surface, ou en cherchant dans le couple voltaïque la cause du ralentissement du dégagement d'hydrogène. Ce ralentissement peut provenir de diverses causes : de ce que l'endosmose a introduit du protoxyde de plomb dans le bocal d'eau acidulée, d'où il est résulté du nitrate de plomb qui est décomposé, ou bien de ce que le courant a diminué d'intensité. J'ai voulu voir jusqu'à quel point il était possible de déposer du peroxyde de plomb sur un canon de pistolet dont la surface avait été décapée à la lime et à la ponce. Les résultats ont été aussi satisfaisants qu'il était permis de l'espérer; la surface du canon a pris, sous la peau et le rouge d'Angleterre, l'éclat de la lame de fer. L'expérience prouvera bientôt si des canons d'armes à feu et autres objets en fer d'un usage habituel peuvent être préservés par ce moyen pendant longtemps.

On a vu plus haut que la surface du fer prenait un aspect noir. Si l'action dure peu de temps, la couleur du précipité est jaune d'ocre, couleur qui se fonce de plus en plus, et à laquelle on peut donner un autre ton, comme on le verra plus

Digitized by Google

loin. Quelquefois, avec le cuivre, peu d'instants après l'immersion, la surface présente des teintes irisées dues à de minces dépôts, et dont la bijouterie pourra peut-être tirer parti.

Passons aux dépôts de peroxyde de fer sur les objets en fer, en acier.

Le moyen le plus simple de préparer la dissolution ammoniacale de fer, qui doit être aussi placée dans un appareil semblable à celui qui a été décrit précédemment, est de faire à chaud une dissolution de protosulfate de fer, de la placer, afin de lui enlever l'air qu'elle renferme, sous une cloche dans laquelle on a fait le vide, et de la conserver dans un bocal fermé à l'émeri. On verse une certaine quantité de cette dissolution dans le cylindre de porcelaine, et l'on verse dedans de l'ammoniaque également privé d'air en quantité un peu plus que suffisante pour dissoudre le protoxyde de fer. On plonge de suite dedans la pièce à recouvrir, qui est mise en communication avec le pôle positif du couple; l'on agite avec un tube la dissolution, et l'on ferme le cylindre pour le soustraire à l'action de l'oxygène de l'air, qui tendrait à faire passer le protoxyde à l'état de peroxyde. Malgré toutes ces précautions, il se dépose toujours de l'oxyde vert qu'il est impossible d'éviter. Dès que le circuit est fermé, il y a dégagement d'hydrogène sur la lame de platine, et l'oxygène, en se rendant sur la pièce dans la solution ammoniacale, peroxyde le fer, qui se dépose avec adhérence, par le même motif que celui qui détermine le dépôt du peroxyde de plomb sur la lame de cuivre; c'est-à-dire, parce que le protoxyde de fer, jouant le rôle d'acide par rapport à l'alcali, est attiré par le pôle positif. Mais tous les métaux ne sont pas aptes à recevoir de semblables dépôts : ceux dont les oxydes sont solubles dans l'ammoniaque doivent en être exclus, tels que le cuivre argenté et doré, parce que l'oxygène transporté oxyde le cuivre, soit directement, soit à travers la couche d'argent ou d'or, et l'oxyde de cuivre se dissolvant aussitôt dans l'ammoniaque, il n'y a plus de possibilité que le dépôt s'effectue. Ce n'est pas tout : une grande partie de l'oxygène étant employée à oxyder le cuivre, ne peut réagir sur le protoxyde de fer; mais il n'en est pas de même du fer et de l'acier, qui se recouvrent d'une couche adhérente de peroxyde de fer. Quelques minutes suffisent pour donner au dépôt une couleur brun-rouge ayant un peu l'aspect du cuivre précipité. Le dépôt prend le poli, frotté avec la peau et le rouge d'Angleterre. Quand la surface a été

préparée convenablement auparavant, le dépôt peut être bruni à l'acier. Un canon de pistolet, un outil en acier et divers objets ont été recouverts de peroxyde avec un égal succès. La couleur brun-rouge du dépôt est toujours la même quand la lame reste peu de temps immergée; mais, si la durée est plus grande, il se passe des effets remarquables que je vais décrire avec quelque détail, parce qu'ils ont des rapports avec les différentes teintes que prend le peroxyde de fer plus ou moins calciné. On sait que le sulfate de fer donne, par la calcination, une belle couleur rouge, qui devient plus foncée quand il provient du persulfate de fer, et un brun noirâtre quand il est préparé au moyen du deutonitrate de fer, tandis qu'avec le protonitrate à une calcination modérée, on a une couleur violette foncée, que les peintres appellent *violet de mars*; si l'on pousse le feu trop loin, on obtient la couleur rouge ordinaire du peroxyde. On ne peut attribuer ces jeux de couleur à la composition chimique de l'oxyde, puisque la quantité d'oxygène est la même dans tous les oxydes. On ne voit donc que l'arrangement moléculaire qui puisse en rendre raison; mais ce n'est encore qu'une supposition. Or, comme on pourra le voir en jetant les yeux sur les lames que j'ai présentées à l'Académie, on retrouve ces mêmes teintes dans l'application du peroxyde de fer, en opérant avec un seul couple à courant constant fonctionnant avec de l'eau modérément acidulée. Dans les premiers instants ce dépôt a la couleur rouge; sa teinte se fonce de plus en plus, et au bout de plusieurs heures elle devient violet foncé, qui constitue le violet de mars des peintres. Avec deux ou trois couples, elle tourne peu à peu au noir. L'adhérence du peroxyde diminue, et il arrive un point où le dépôt est tout-à-fait noir et où l'adhérence est à peu près nulle. Les dépôts rouges sont inaltérables à l'air, tandis que les dépôts très-foncés s'hydratent peu à peu et se changent en hydrate de peroxyde de fer n'ayant plus de cohérence. Or, que se passe-t-il en continuant l'opération? Il y a superposition de nouveaux dépôts, transport d'une plus grande quantité d'oxygène : c'est donc à ces deux causes qu'il faut attribuer non-seulement les changements de couleur, mais encore les changements dans l'état d'agrégation des parties déposées. Il pourrait bien se faire que tous ces dépôts colorés, ayant le même aspect que les peroxydes obtenus par la calcination, fussent des combinaisons de peroxyde et de protoxyde, qui ne se formeraient que quelque temps après le

commencement de l'expérience, et dont l'existence ne serait que de courte durée. La superposition des dépôts peut contribuer aussi beaucoup à foncer les teintes; mais ce n'est pas la cause qui agit, puisqu'il y a un changement moléculaire.

Les observations que je viens de rapporter doivent être prises en considération par les personnes qui s'occuperont de l'application du principe que je viens de faire connaître; comme le dépôt rouge se forme en quelques minutes, elles ne courent jamais la chance d'obtenir les composés noirs, qui ont peu ou point d'adhérence.

Jusqu'ici il n'a point été question de la température, ou du moins les expériences sont censées avoir été faites à la température ambiante; mais si l'on opère à 25 degrés environ, comme je l'ai fait plusieurs fois, les dépôts ont plus de fixité, parce que la dilatation qu'éprouvent les parties permet aux molécules de peroxyde, soit de plomb, soit de fer, de se déposer dans les interstices superficiels. On conçoit très-bien que l'on puisse varier les teintes à l'infini; on peut, par exemple, déposer sur l'or, l'argent, des couches plus ou moins épaisses de peroxyde, et obtenir ainsi des tons agréables. Il est probable que d'autres oxydes pourront être déposés sur les métaux, mais, dans mon travail, je me suis borné à deux.

Je crois devoir présenter encore quelques observations qui ne seront pas sans utilité.

On a vu que j'opérais avec un bocal rempli d'eau acidulée, dans lequel plongeait le diaphragme renfermant la dissolution alcaline; ne serait-il pas possible de se passer du diaphragme et d'opérer immédiatement sur la solution alcaline, en prenant un nombre suffisant de couples à courant constant? Cela ne saurait être, parce que le dépôt s'effectuant au pôle positif, une partie du métal se déposerait sur la lame négative, de manière que la dissolution ne renfermerait bientôt plus de métal. A la vérité, cet inconvénient existe, mais à un moindre degré, dans l'appareil simple, par suite des effets d'endosmose qui transportent de l'oxyde de plomb dans l'eau acidulée; mais on pourrait y remédier en grande partie en ne se servant que d'un seul liquide: dans ce cas, on met dans le bocal la même dissolution alcaline (moins le métal) que celle qui se trouve dans le diaphragme; mais alors il faudra un plus grand nombre de couples, parce que l'on n'aura plus un liquide aussi facilement décomposable que l'acide nitrique pour fournir de l'oxygène.

La préparation alcaline est assez importante; je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit précédemment de la dissolution du protoxyde de plomb dans la potasse. Relativement à la dissolution ammoniacale, j'indiquerai quelques précautions à prendre pour empêcher qu'elle ne se décompose rapidement; et afin qu'elle soit très-claire, on met dans un bocal qui ferme à l'émeri de l'ammoniaque aussi concentré que possible, et l'on verse dedans du protosulfate de fer privé d'air et jusqu'à ce qu'il forme du précipité; on bouche, on laisse reposer le dépôt, et l'on a une dissolution de fer aussi claire que possible, et que l'on peut conserver ainsi pendant quelque temps.

Le décapage à sec pour l'application des métaux est préférable, sans aucun doute, au décapage par la voie humide; mais comme les matières grasses qui adhèrent quelquefois à la surface du fer par suite du contact des doigts nuisent au dépôt, il est bon de passer les pièces dans l'acide sulfurique très-concentré, de les laver dans un bain de potasse avant de les plonger dans un bain alcalin. On pourrait se borner à laisser immergées pendant quelque temps les pièces dans un bain de potasse concentrée, par la raison que ce bain préserve le fer de l'oxydation; en suivant cette méthode, il m'est arrivé quelquefois de retirer des pièces recouvertes de peroxyde qui résistait à l'action de l'acide sulfurique étendu d'eau, ce qui suffit pour montrer qu'elles auraient été inattaquables par les influences atmosphériques.

Bien que tout porte à croire que l'on pourra appliquer aux arts les procédés que je viens d'indiquer pour déposer les peroxydes de plomb et de fer sur les métaux d'un usage journalier, afin de les préserver d'altération de la part des agents extérieurs, dépôt qui ne saurait manquer de produire de bons effets en raison de l'inaltérabilité de ces oxydes, surtout du peroxyde de fer; néanmoins, je suis bien éloigné de croire qu'il n'y a plus de recherches à faire pour rendre usuel ce procédé. Je sais par expérience qu'il y a loin du principe à l'application; mon but, dans ce Mémoire, a été de faire connaître les principes, en laissant aux hommes spéciaux le soin de les appliquer. J'ai voulu prouver seulement que la chose était possible. Les objets divers que j'ai mis sous les yeux de l'Académie montreront jusqu'à quel point mes assertions sont fondées. Parmi ces objets se trouvent plusieurs fleurs dont toutes les parties ont été recouvertes électro-chimiquement, les unes d'or, les autres d'argent, de peroxyde de plomb, de

peroxyde de fer avec leurs différentes nuances, le tout disposé avec goût par M. Mourey, avantageusement connu des artistes, et qui a trouvé dernièrement un moyen très-simple de préserver l'argenture électro-chimique de l'altération qu'elle éprouve au contact de la lumière, lorsqu'on ne lui fait subir aucune préparation, et de lui conserver ainsi tout son éclat.

§ II. DE L'APPLICATION ÉLECTRO-CHIMIQUE DES MÉTAUX SUR LES MÉTAUX.

De l'adhérence.

L'application des oxydes et même des métaux sur les métaux, avec adhérence, dépend non-seulement des surfaces, mais encore des dissolutions et de l'intensité du courant qui les décompose; l'examen de toutes ces causes est donc d'un intérêt majeur à l'époque actuelle, où tous les esprits sont dirigés vers ces applications; c'est en vue de ces motifs et pour compléter le sujet que je viens de traiter, que je prends la liberté de communiquer encore le résultat de mes observations dans cet examen.

L'expérience prouve qu'en général, l'adhérence des oxydes et des métaux, or, argent, cuivre et plomb, sur les métaux, est d'autant plus grande que l'intensité du courant est moindre, entre certaines limites bien entendu, et que la dissolution est moins concentrée. Telle est la thèse que je vais développer.

On conçoit jusqu'à un certain point que des courants de faible intensité produisent une forte adhérence, tandis qu'avec des forces énergiques les dépôts deviennent de moins en moins cohérents. Lorsque le dépôt s'opère très-lentement, les molécules cristallisent tranquillement, le corps se constitue suivant les lois de la cristallisation; tandis que, lorsque la force augmente en intensité, la cristallisation devient de plus en plus tumultueuse, confuse, et le dépôt finit par ne plus être composé que de parties qui n'ont que peu ou point d'adhérence entre elles.

Quatre ou cinq ans avant que l'on songeât à la dorure et à la galvanoplastie, j'obtenais, dans le traitement électro-chimique en grand, des minerais d'argent, de cuivre ou de plomb, des dépôts quelquefois très-adhérents de ces métaux, sur les corps destinés à les recueillir, effets que je ne fis pas connaître dans les diverses lectures publiques où je donnais une idée générale des procédés employés, parce que je réser-

vais l'exposé de tous les faits particuliers pour un ouvrage qui paraîtra bientôt. Ces dépôts constituaient de véritables argentures, plombures; et je reconnus alors que l'adhérence du plomb, du cuivre et de l'argent était d'autant plus forte que les dissolutions étaient plus étendues et le courant plus faible; et, qu'on le remarque bien, ces observations datent de huit ans. L'adhérence du plomb sur de grandes lames de cuivre était si grande, qu'on était obligé d'employer des instruments tranchants pour l'enlever, et encore n'y parvenait-on qu'en entamant le cuivre; de sorte que l'on aurait pu dire qu'il y avait réellement combinaison des deux métaux au contact. Toutes les personnes qui ont suivi mes expériences, et je citerai en particulier M. Saint-Clair Duport, en ont été témoins. Eh bien, dans les dorures électro-chimiques dont je me suis occupé depuis MM. De la Rive, Elkington et de Ruolz, pareil effet s'est toujours présenté à moi. Malheureusement on ne peut mettre en pratique le principe que je viens d'énoncer, par la raison qu'il faut à l'industrie célérité et économie. Néanmoins, on tire de mes expériences une conséquence utile, c'est qu'en employant un courant énergique, on perd en adhérence, et les pièces dorées ou argentées sont de moindre qualité quant à la durée.

On ne peut pas dire que dans la dorure et l'argenture électro-chimiques, telles qu'on les pratique aujourd'hui, il y ait combinaison au contact; il se produit seulement un effet d'agrégation, de cohésion qui peut toujours être vaincu par des forces physiques, ce qui n'a point lieu pour les effets chimiques; d'après cela, plus la couche de métal déposé est forte, plus la différence de dilatabilité entre le métal qui reçoit le dépôt et le dépôt lui-même est grande, plus les variations de température tendront à les séparer l'un de l'autre, parce que la résultante des effets de dilatation est d'autant plus considérable que la quantité de matière déposée est plus grande.

Il est encore plusieurs causes qui tendent à produire cet effet: particulièrement le mode de décapage employé dans les nouveaux modes de dorure sur cuivre. Cette préparation consiste à plonger les pièces de cuivre, avant leur immersion dans le bain d'or, dans un ou plusieurs mélanges d'acides concentrés ou étendus, puis dans plusieurs eaux de lavage, afin d'enlever tous les corps qui se trouvent à leur surface; mais il se passe toujours quelques secondes entre la sortie des pièces de leur dernière eau et leur immersion dans le bain

d'or; il n'en faut pas davantage pour que la pièce s'altère souvent à l'air; cette altération est à la vérité très-faible, mais enfin elle existe.

Il suit de là que le dépôt d'or ne se dépose pas, rigoureusement parlant, sur une surface de cuivre pur, mais bien sur une pellicule d'oxyde excessivement mince. Le décapage par voie humide n'est donc pas celui qui met les surfaces métalliques dans l'état le plus convenable pour que l'adhérence soit le plus grande possible; le décapage par voie sèche n'a pas le même inconvénient, en ce qu'il permet de mettre à nu les surfaces sans craindre une altération aussi immédiate que lorsqu'elles sont humides. En effet, dans les expériences d'expertises faites dernièrement pour l'affaire de la dorure par immersion, on a employé les modes de décapage suivants:

1° En frottant seulement avec la poussière très-fine de pierre ponce et une brosse, ou bien en grattant la surface avec un instrument tranchant;

2° Décapage dans l'acide nitrique et dans les mélanges de cet acide avec le sel marin et la suie;

3° Décapage avec la dissolution de soude caustique, marquant 7 degrés à l'aréomètre de Baumé, et dans des dissolutions marquant 36 degrés;

4° Décapage avec des dissolutions de soude et d'ammoniaque;

5° Décapage avec un mélange de soude caustique et de sel ammoniac;

6° Décapage avec mélange d'acide concentré et de sel marin.

Pour s'assurer de l'adhérence de l'or aux lames de laiton, on a fait les épreuves suivantes: on a coupé un côté de chaque lame de laiton dorée pour faciliter la séparation de l'or dans le cas où l'adhérence n'aurait pas été parfaite. Dans le même but, la lame a été ensuite courbée en différents sens, puis martelée. Voici les conséquences que l'on a tirées de ces épreuves, conséquences qui peuvent s'appliquer également aux pièces dorées électro-chimiquement, après les décapages indiqués.

Avec les décapages par la voie sèche, on obtient, pour la dorure, durée et solidité: durée, parce qu'elle est plus épaisse; solidité, parce qu'elle résiste aux épreuves physiques qu'on lui fait subir. Il faut dire à la vérité que l'aspect n'est pas toujours satisfaisant, surtout quand la surface n'a pas un

état uniforme. Il est démontré par là que le décapage par voie sèche a une grande supériorité sur ceux par la voie humide ; mais, malheureusement, il y a une infinité de cas, et c'est le plus grand nombre, où il ne peut être employé, pour les objets de bijouterie entre autres ; et lors même qu'il pourrait être utilisé, le temps qu'il exigerait serait une dépense tellement onéreuse, que l'industrie ne pourrait s'en servir : il faut donc presque toujours décaper par voie humide, en évitant toutefois les inconvénients signalés ci-dessus.

L'emploi du mercure lève cette difficulté : outre qu'il sert d'intermédiaire entre le cuivre, l'or ou l'argent, pour déterminer les combinaisons au contact, il préserve encore le cuivre de toute altération avant l'immersion dans le bain métallique.

M. d'Arcet, qui s'est occupé avec succès de tout ce qui concerne l'art du doreur, a indiqué il y a longtemps que, pour éviter les effets du dégagement du gaz nitreux, dans l'intérêt de la salubrité, il était convenable de tremper dans une dissolution étendue de protonitrate de mercure les pièces décapées destinées à être dorées au mercure. On conçoit en effet qu'il devient, par ce moyen, plus facile d'appliquer l'or sur les pièces. M. Elkington, dans son brevet, a conseillé le même moyen dans la dorure au trempé pour donner le mat après décapage préalable dans les acides ; mais il se borne seulement à une seule immersion et à un lavage avant de plonger dans un bain bouillant d'or ; il ne peut qu'amalgamer imparfaitement la surface du cuivre, en raison du peu de durée de l'immersion.

Voici de quelle manière j'amalgame les pièces, pour avoir les meilleurs effets de dorure, sous le rapport de la durée et de la solidité. Quand les objets ont été simplement immergés dans la solution de protonitrate de mercure, et lavés à grande eau, on les frotte avec de la peau pour bien étendre le mercure, et on recommence les immersions jusqu'à ce que ce métal soit également réparti sur la surface. Si l'on se borne à étendre légèrement sans frotter, la surface reste terne ; si on la brosse, elle prend un aspect brillant. Les pièces étant ainsi préparées, si on les plonge dans le bain de cyanure d'or et de potasse à une température de 25 à 30 degrés, en faisant fonctionner l'appareil simple à courant constant, en moins d'un quart d'heure les objets sont dorés, ou mats, ou brillants, mais d'un mat comparable jusqu'à un certain point au

mat de pendule, qualité difficile à obtenir avec le procédé en usage. Si l'on veut donner à la dorure électro-chimique de la valeur, il faut employer concurremment les deux méthodes, et prendre le mercure pour intermédiaire, mais non pas en aussi grande quantité que dans la dorure au mercure. La température de la mise en couleur suffit pour chasser le mercure, de sorte que l'on réunit les avantages de la combinaison de l'or avec le cuivre, et d'une épaisseur d'or presque illimitée.

Il est facile d'expliquer comment la dorure électro-chimique sur cuivre, quand la couche est très-mince, finit par s'altérer au contact de l'air humide. On voit alors çà et là des petits points d'hydrate de cuivre, effet que l'on observe également dans la dorure au trempé, qui ne dépose qu'une couche d'or très-mince. Si l'on met en digestion une pièce ainsi dorée par l'un des deux procédés, dans de l'acide nitrique étendu, afin d'éviter une action tumultueuse, le cuivre est dissous peu à peu, et il reste un réseau comme une gaze; les objets sont donc recouverts d'un semblable réseau, et si on les laisse dans un lieu humide, ils doivent être attaqués avec le temps, de même qu'ils l'ont été par l'acide nitrique étendu.

L'effet même doit être beaucoup plus rapide que si le cuivre était seul, la surface étant couverte partout de couples voltaïques, or et cuivre, dont l'action constante active l'oxydation du cuivre. On n'a pas à craindre le même inconvénient en suivant la marche que je viens d'indiquer, car on peut dorer uniformément la surface du cuivre, et si la couche est épaisse comme on peut le faire avec l'électricité, on a toutes les garanties nécessaires pour assurer l'inaltérabilité du métal recouvert. Il ne faut jamais perdre de vue que, dans l'application de l'or sur le cuivre, ou d'un métal sur un autre métal, il faut toujours réunir deux conditions : adhérence, épaisseur suffisante de la couche déposée, pour que les influences atmosphériques n'exercent pas leur action sur le métal à travers les interstices sans nombre que laissent entre elles les parties du métal déposé.

De l'aspect des surfaces dorées ou autres.

Avant l'application électro-chimique des métaux ou de leurs oxydes, on emploie le dérochage et le décapage; cette dernière opération a pour but non-seulement d'enlever toutes les impuretés, mais encore de leur donner un aspect qui dépend de l'état moléculaire que l'on veut obtenir à la sur-

face : ainsi, si l'on veut le mat brillant, le mat terne, le terne sombre, la préparation en question doit varier dans ces différents cas. On connaît dans les arts les divers moyens à l'aide desquels on fait ces préparations. Je vais présenter quelques considérations sur les causes physiques qui produisent les différents états moléculaires, parce qu'il sera plus facile ensuite d'adopter la marche à suivre pour obtenir immédiatement le mat, le poli, etc.

Le poli d'une surface consiste dans la faculté qu'elle possède de réfléchir régulièrement sur quelques points la lumière, ce qui exige que cette surface soit composée de particules disposées toutes de la même manière, c'est-à-dire ayant leurs facettes supérieures placées dans le même plan. Par ce moyen, la réflexion de la lumière est régulière.

Le mat, au contraire, paraît être le résultat de la réflexion irrégulière de la lumière, condition qui est remplie lorsque la surface est recouverte d'une infinité de petites aspérités dont les facettes sont dirigées dans toutes sortes de directions. Il résulte que les objets extérieurs sont réfléchis par cette surface plus ou moins confusément. Il y a absence d'image quand les particules sont disposées le plus irrégulièrement possible.

Cela posé, quand on soumet une surface métallique, polie ou mate, à l'action uniforme d'un courant électrique, dans une dissolution convenable, afin de la recouvrir d'une couche excessivement mince d'or, d'argent ou d'un autre métal, il est bien évident que l'état primitif de la surface ne sera pas changé sensiblement, puisque, dans le premier cas, celui où la surface est polie, toutes les lamelles situées régulièrement seront chacune recouvertes d'une couche qui, en raison de sa minceur, ne changera pas l'état moléculaire primitif; dans le deuxième cas, c'est-à-dire avec la surface mate, les inégalités conserveront encore leur même relation; car il n'y a pas de motif pour que cette situation soit changée. On comprend parfaitement que cet état de choses ne peut subsister qu'autant que le dépôt est excessivement faible; car s'il était assez abondant, il remplirait les vides qui séparent les inégalités, et dès-lors l'état de la surface changerait.

Ainsi donc, quand une surface métallique d'or, d'argent, de cuivre, de zinc, est préparée de manière à présenter le poli, le mat avec toutes ses nuances, on doit être assuré qu'en y déposant électro-chimiquement une couche très-mince d'un autre métal, l'état moléculaire de la surface ne sera pas sensiblement changé.

Digitized by Google

Les considérations que je viens de présenter suffiront pour montrer de suite comment on peut obtenir immédiatement l'état moléculaire que l'on désire avoir. Au surplus, elles se résument en ceci : telle est la surface, telle est la dorure.

Dans un autre Mémoire, je ferai connaître le mode de préparation que l'on doit faire subir à chaque métal, avant de déposer sur sa surface un autre métal.

Addition au Mémoire sur l'application électro-chimique des oxydes et des métaux sur des métaux, par M. BECQUEREL.

En faisant connaître les procédés à l'aide desquels on applique sur les métaux les peroxydes de plomb et de fer, de manière à préserver d'altération ultérieure les métaux oxydables, jai dit qu'il était possible de varier les couleurs des couches déposées, de manière à présenter des effets agréables à l'œil et dont les arts pouvaient tirer parti. Mais je ne présumais pas qu'il était possible d'atteindre une variété et une richesse de tons telles qu'on ne les trouve que dans la nature. En voulant m'assurer jusqu'à quel point on pourrait arriver à cet égard, j'ai varié les expériences qui m'ont conduit à des résultats auxquels j'étais loin de m'attendre. Je suis parvenu en effet, comme l'Académie pourra en juger par la pièce que j'ai l'honneur de lui présenter, à obtenir des teintes aussi variées, et je puis même dire aussi riches et aussi éclatantes que celles que nous présentent les ailes des coléoptères des régions tropicales. Les pièces qui reçoivent ces teintes acquièrent d'autant plus d'éclat qu'elles sont frottées avec la peau et le rouge d'Angleterre : c'est dire que les couches très-minces qui les produisent ont une forte adhérence. Le bruni, rendant la surface plus brillante, détermine la réflexion d'une plus grande quantité de lumière, et doit rehausser par conséquent l'éclat de la couleur.

Avant de faire connaître comment et sur quels métaux ces couleurs doivent être déposées, je dois entrer dans quelques détails sur ce qui se passe dans la fixation des oxydes. Le principe posé dans mon Mémoire est celui-ci : telle est la surface du métal, telle est la couche déposée, pourvu que cette couche soit très-mince. Mais comme le dépôt s'opère quand le métal est électro-positif, c'est-à-dire lorsque l'oxygène qui arrive tend à oxyder la surface et à la ternir lorsque le métal est oxydable, l'on ne peut obtenir les effets de couleur que sur des métaux non oxydables, tels que l'or ou le cuivre doré, et dont la surface a un beau poli.

L'or est donc le métal sur lequel on dépose les riches couleurs dont j'entretiens aujourd'hui l'Académie. Ces effets n'ont été obtenus qu'avec la dissolution de protoxyde de plomb dans la potasse. Il ne faut qu'un couple ou deux et suivre l'opération attentivement, car elle ne dure quelquefois qu'une minute et encore moins. On obtient les teintes rouge clair, rouge de feu, rouge foncé, violet, bleu, et enfin des teintes foncées. Il faut retirer continuellement les pièces du bain, afin de pouvoir avoir les teintes que l'on a en vue. Si l'action est trop forte, il se forme du peroxyde hydraté de plomb, qui se précipite en flocons jaunes dans la dissolution, sans production de couches colorées. Il est donc nécessaire de surveiller à chaque instant son opération, qui est si facile que l'on peut agir sur un grand nombre d'objets en peu de temps, et toujours avec un égal succès.

Un des avantages des couleurs, je le répète, est une forte adhérence qui résiste au bruni; mais il n'y a là qu'une simple adhérence et non combinaison.

Ce n'est pas comme dans le dépôt du peroxyde de fer sur du fer, où probablement il y a combinaison de protoxyde de fer, qui se forme aux dépens du fer avec le peroxyde de fer provenant de la combinaison du protoxyde dissous dans l'ammoniaque avec une portion de l'oxygène qui arrive sur la lame, en raison de son état positif. Il est possible d'obtenir des teintes uniformes sur des lames d'or avec le peroxyde de plomb.

Mais il faut pour cela disposer l'appareil pour que la lame soit parallèle à l'électrode négatif, ainsi qu'au diaphragme, afin que tous les points de la lame reçoivent la même action électro-chimique.

Pour un objet d'une forme quelconque, il faut également que la surface soit parallèle à l'électrode négatif, ainsi qu'au diaphragme, afin que la teinte soit partout uniforme, condition qui ne peut être remplie que lorsque la couche déposée a partout la même épaisseur.

Je ne me suis attaché jusqu'ici qu'aux effets produits avec les oxydes de plomb et de fer. Dans un autre travail j'exposerai les résultats obtenus avec d'autres oxydes.

En attendant, je ne doute pas que les riches couleurs que donne le peroxyde de plomb ne reçoivent une application immédiate aux arts en raison de leur fixité, de leur adhérence sur l'or, et de la grande facilité avec laquelle on les applique.

Digitized by Google

Deuxième Mémoire; sur la coloration des métaux, par M. Becquerel.

Depuis les deux communications que j'ai faites touchant la coloration des métaux au moyen des dépôts successifs de peroxyde de plomb, opérée à l'aide de l'électricité voltaïque, je me suis attaché à multiplier les expériences dans le but de remonter aux causes des effets produits, et de trouver les procédés les plus simples et en même temps les plus pratiques, à l'aide desquels on pût obtenir des teintes uniformes et durables sur des objets de forme diverse d'un métal quelconque, afin que l'industrie fût à même de se livrer sans difficulté à ce nouvel art. Les résultats auxquels je suis parvenu, et qui sont consignés dans le présent Mémoire, atteignent, du moins j'ose l'espérer, le but que je me suis proposé; car je n'ai omis aucun des détails pratiques propres à éclairer l'industrie et à la mettre à même d'assurer le succès de ses opérations.

Le phénomène de coloration électro-chimique produit sur des surfaces métalliques est le même que celui des lames minces recouvrant les surfaces de certains corps, et laissant voir par transparence ces mêmes surfaces avec des couleurs dont l'espèce et l'éclat dépendent de l'épaisseur des lames déposées, de la couleur du corps, et qui présentent souvent à nos yeux le brillant phénomène des anneaux colorés.

Nobili est le premier qui nous ait fait connaître la production des anneaux colorés sur des lames de métal, au moyen de dépôts produits par l'électricité voltaïque, phénomènes analogues à ceux anciennement obtenus par Priestley avec des décharges successives de batteries électriques : le physicien anglais avait observé qu'en transmettant à plusieurs reprises ces décharges d'une pointe métallique sur une lame de métal, il en résultait sur cette dernière plusieurs séries d'anneaux colorés qui étaient les mêmes, quelle que fût la direction de la décharge; c'est-à-dire que l'électricité positive partît de la pointe ou de la lame. On dut en conclure que la coloration dépendait d'une cause agissant également des deux côtés. Les expériences ayant d'abord été faites sur le cuivre et l'acier, métaux qui se colorent en se refroidissant, après avoir été exposés à l'action d'une chaleur aussi forte que celle qui se dégage pendant la décharge, on dut croire que telle était la cause de la production des anneaux colorés. Mais comme on les obtint également ensuite sur le platine et l'or, on fut obligé d'admet-

tre le transport de la matière même de la pointe, qui, en se déposant sur la lame en couches d'autant plus minces qu'elles s'éloignaient du point central, donnaient naissance à des anneaux colorés, conjecture qui s'est changée en certitude depuis les expériences de M. Fusinieri sur le transport de la matière à travers les substances métalliques par l'effet des décharges, quelle que fût la direction de ces dernières.

Pour avoir une idée bien nette des phénomènes décrits d'abord par Priestley, puis étudiés avec de grands développements par Nobili, en se servant de l'électricité voltaïque, et les comparer à ceux dont il va être question dans ce Mémoire, je rapporterai les principaux résultats obtenus par ces deux physiciens.

Lorsqu'une plaque métallique est soumise à l'action de plusieurs décharges d'une batterie électrique, au moyen d'une pointe également de métal, la couleur de la plaque change à une distance considérable autour de la tache centrale, et l'espace entier est recouvert d'un certain nombre d'anneaux concentriques, dont chacun présente les belles couleurs du spectre. Plus la pointe est rapprochée de la lame, plus tôt on voit naître les couleurs, et plus aussi les anneaux sont serrés : si la distance est excessivement petite, les couleurs apparaissent à la première décharge ; mais alors elles sont confuses.

Le nombre des anneaux augmente en raison du degré de finesse de la pointe: plus celle-ci est émoussée, plus les anneaux sont larges, mais aussi moins ils sont nombreux. Sur une lame d'acier, pour une distance donnée, les couleurs ne se manifestent pas immédiatement autour de la tache centrale; on observe d'abord une zône rouge obscur, puis, après quatre ou cinq décharges, en regardant obliquement la surface, on aperçoit un espace circulaire légèrement ombré ou empreint d'une couleur rouge extrêmement faible, se remplissant par degrés d'anneaux de toutes les couleurs, et dont les bords deviennent brunâtres si l'on continue les décharges au-delà du premier espace annulaire qui se dessine d'abord comme une ombre légère, et qui est la première nuance des couleurs plus pâles se développant autour du rouge-brun dont se compose la surface intérieure. Les teintes les plus prononcées se montrent d'abord autour de la tache centrale, et reculent à mesure que l'on multiplie les explosions, pour faire place à de nouvelles couleurs après 30 ou 40 décharges. On a trois anneaux bien distincts; en continuant, les cercles colorés devien-

nent moins beaux et moins nets, par la raison que le rouge domine et ternit plus ou moins les autres couleurs.

Les anneaux déposés adhèrent suffisamment pour qu'une plume, le doigt même mouillé ne les altèrent en rien; néanmoins, on peut les enlever avec l'ongle. Les anneaux intérieurs sont les plus résistants; toutefois, comme on le voit, *ils ne peuvent résister à un frottement un peu fort.*

Quand les décharges sont trop énergiques et qu'on opère sur l'acier, la surface se corrode, et il en résulte des érosions qui nuisent à la netteté des effets produits. Ces érosions n'ont pas lieu sur l'argent, l'étain et le bronze poli. Les anneaux colorés, ainsi que les effets précédemment décrits, qui les accompagnent, se montrent sur l'or, l'argent, le cuivre, le bronze, le fer, le plomb et l'étain, et toujours quel que soit le sens de la décharge.

Pour obtenir les anneaux colorés au moyen de l'électricité voltaïque, il faut, comme Nobili l'a fait le premier, concentrer le courant venant d'un des pôles de la pile dans un fil de platine dont la pointe seulement plonge dans le liquide à décomposer, tandis que l'autre pôle est en relation avec une lame de métal se trouvant dans le même liquide. Cette lame est placée perpendiculairement à la direction du fil et à environ 1 millimètre de la pointe. Les effets produits dépendent de la nature de la lame métallique, de son état positif ou négatif et de la nature de la dissolution. On les obtient facilement en peu de secondes avec une pile de forme ordinaire.

Nobili ayant soumis à l'expérience un grand nombre de dissolutions avec un fil de platine et des lames de platine, d'or, d'argent, d'étain, de bismuth, de cuivre, de laiton, etc., a obtenu des résultats très-variés dont je vais rapporter les principaux.

Dissolution de sulfate de cuivre.

Lame d'argent positive. Quatre ou cinq cercles concentriques alternativement clairs et obscurs.

Lame d'argent négative. Trois petits cercles concentriques : le plus grand et le plus petit d'un rouge foncé, le cercle intermédiaire d'une teinte plus claire.

Lame de laiton positive. Traces légères de cinq cercles concentriques de la couleur du laiton, les uns plus clairs, les autres moins, et alternant ainsi entre eux.

Lame de laiton négative. Cercles de deux nuances de cuivre métallique alternant comme sur l'argent.

Dissolution de sulfate de zinc.

Lame d'argent positive. Tache obscure au centre, cercle jaune clair, puis un cercle d'un bleu léger, et enfin une belle zône tirant sur le jaune.

Lame de laiton positive. Cinq petits cercles provenant de cuivre mis à découvert par l'action du courant, et présentant deux teintes alternatives, l'une claire, l'autre sombre.

Dissolution de sulfate de manganèse.

Lame d'argent positive. Cinq cercles concentriques alternativement clairs et foncés, le cinquième plus distinct que les autres, et entouré d'une auréole d'un jaune pâle qui se fond en une teinte violacée. Ces cercles ont de l'analogie avec ceux obtenus avec le sulfate de cuivre.

Dissolution d'acétate de plomb.

Lames d'or et de platine positives. Iris concentrique, composé d'anneaux naissants les uns des autres, et se propageant à la manière des ondes.

Lame d'argent positive. Iris moins distinct que sur l'or et le platine.

Dissolution d'acétate de cuivre.

Lames de platine, d'or, d'argent positives. Rien de remarquable.

Mêmes lames négatives. Avec l'argent, par exemple, souvent quatre cercles concentriques, qui, exposés à l'air, prennent les teintes suivantes : bleu foncé au centre, puis rouge jaunâtre, bleu moins foncé, et rouge jaunâtre, et présentant une autre nuance que la seconde teinte.

Dissolution d'acétate de potasse.

Lame d'argent positive. Un cercle au milieu de trois autres, de 1 centimètre de diamètre, environné d'un filet d'argent très-brillant, auquel succède une auréole de couleurs diverses, mais faibles.

Des résultats analogues ont été obtenus par Nobili avec beaucoup d'autres dissolutions, et notamment avec des liquides extraits des corps organiques, tels que les sucs de carotte, d'oignon, de persil, d'ail, de pomme, de raifort, de chou pommé, de feuilles de céleri, de betterave. Les effets obtenus avec ces liquides sont tellement curieux, que je crois devoir en citer quelques-uns.

Suc de carotte, — Lame d'argent positive. Centre obscur en-

touré de deux cercles, l'un jaunâtre, l'autre verdâtre, puis diverses zônes fortement colorées.

Suc de raifort. — *Argent positif.* Au centre un point obscur, autour un petit cercle blanc; une zône verdâtre, terminée par un cercle bleu; ensuite un ou deux cercles d'un beau jaune d'or, et enfin quelques iris assez faibles.

Suc de betterave. — *Argent positif.* Au centre, un point rouge environné de quatre cercles, le premier jaune, le deuxième bleu, le troisième rouge et le quatrième vert; plus loin, deux ou trois beaux iris.

Nobili a tiré de ces expériences les conséquences suivantes :

1° *Il existe une différence entre le mode d'action des deux pôles, relativement à la faculté qu'ils possèdent de se couvrir de matières*, le pôle positif l'emportant néanmoins de beaucoup sur le pôle négatif, surtout à l'égard des matières organiques;

2° En général, l'effet du pôle négatif est augmenté en opérant avec un courant plus intense, ou bien en ajoutant aux sels métalliques un sel à base alcaline.

Le même physicien avait pensé qu'il pourrait bien se faire que les effets de coloration qu'il avait obtenus fussent dus à des dépôts de lames minces; mais il ne s'était pas rendu compte de la nature de ces dépôts. Par exemple, en rapportant ce qui se passe avec un mélange des deux acétates de cuivre et de plomb, il ajoute (*Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome XXXIV, page 287) :

« Mais si les iris proviennent, comme cela pourrait être, » de quelqu'une des substances électro-négatives de la solution, « qui se déposent en lames minces à la surface de ces deux » métaux, pourquoi n'en arriverait-il pas autant avec les au- » tres métaux? C'est là peut-être une question qui n'est pas » indigne d'exercer la sagacité des chimistes. »

Tels sont les résultats généraux obtenus, d'une part, par Priestley, et de l'autre par Nobili, dans leurs expériences sur la production des anneaux colorés au moyen de l'électricité, et que j'ai cru devoir rapporter, afin de faire connaître l'état de la question concernant la coloration, quand je l'ai reprise sous un point de vue différent de celui de ces deux physiciens. Je reviendrai sur ces résultats après avoir exposé ceux qui font le sujet de ce Mémoire.

Pour colorer les métaux suivant la méthode indiquée dans mon premier Mémoire, et décrite avec plus de détails dans les

Eléments d'Electro-Chimie que j'ai publiés récemment, je me sers d'une dissolution plombique alcaline, dans laquelle l'oxyde joue le rôle d'élément électro-négatif. Je rappellerai en peu de mots le mode d'expérimentation : la dissolution est mise dans un bocal de verre où se trouve un cylindre de porcelaine dégourdie rempli d'acide nitrique; dans la dissolution plonge l'objet à colorer, et dans l'acide une lame de platine; l'objet est mis en communication avec le pôle positif d'un appareil décomposant formé de quelques éléments, et la lame de platine avec le pôle négatif; on peut, et cela est plus facile, supprimer le vase poreux et l'acide nitrique, et plonger la lame de platine dans la dissolution alcaline. Aussitôt que la communication est établie, la surface de l'objet se recouvre de couches minces successives de peroxyde de plomb qui produisent des effets de coloration. L'adhérence de ces couches est aussi grande que celle de l'or sur le cuivre dans la dorure, par la raison que le protoxyde de plomb, qui passe à l'état de peroxyde par la réaction de l'oxygène de l'eau, et l'or se rendent au pôle qui convient au rôle que chacun de ces corps joue dans la dissolution. Le dépôt de peroxyde peut donc s'effectuer aussi régulièrement sur la surface positive que l'or sur la surface négative, quand on remplit toutes les conditions qui seront indiquées ci-après. Je commencerai par la dissolution de plombate de potasse.

De la composition de la liqueur.

La solution alcaline doit être complètement saturée d'oxyde de plomb, sans quoi les couches déposées de peroxyde ne tarderaient pas à se dissoudre dans l'alcali, aussitôt que le courant cesserait de circuler, ou seulement quand il y aurait un ralentissement dans son action chimique. Il est donc nécessaire, quand elle a servi, de la faire bouillir de temps à autre avec un excès de litharge dans un ballon, hors du contact de l'air autant que possible, pour empêcher que la potasse n'absorbe de l'acide carbonique. Quand elle a servi pendant longtemps et qu'elle renferme, par conséquent, du carbonate de potasse, il faut la faire bouillir avec de la chaux caustique, laisser déposer le carbonate de chaux formé, et filtrer s'il est nécessaire, ou bien décanter la partie claire de la dissolution, que l'on verse dans un vase de forme convenable. Cette dissolution doit marcher de 24 à 25 degrés de l'aréomètre de Baumé, car l'expérience a prouvé que cette densité était la plus con-

venable pour obtenir les meilleurs effets. Quand elle ne sert plus, on la remet dans un ballon que l'on bouche avec soin.

La température de la liqueur doit être celle ambiante, c'est-à-dire qu'elle ne doit pas dépasser 12 à 15 degrés.

Le succès de l'opération dépend de la bonne composition de la liqueur, de sa densité, de sa température, et, en outre, comme nous le dirons ci-après, de l'intensité du courant et du parfait nettoyage des pièces. Cette opération est aussi essentielle pour la coloration des métaux que pour la dorure électro-chimique ou par immersion. La présence des corps gras et autres substances non conductrices sur les surfaces métalliques exige ce parfait nettoyage.

De la préparation des surfaces.

J'ai déjà dit que les couches de peroxyde de plomb déposées, étant transparentes, laissent voir la surface des objets. Par conséquent, telle est la surface de ces objets, tel est leur aspect, ou plutôt tel est l'éclat des couleurs. Donc, il faudra leur donner préalablement l'état qui convient, c'est-à-dire le brillant ou le mat, si l'on veut avoir des couleurs brillantes ou ternes. Supposons qu'il s'agisse de lames polies d'or, de cuivre doré ou de platine : on commence par les frotter avec une brosse douce et de l'eau légèrement alcalisée, puis on lave à grande eau. Dans le cas où l'adhérence des matières étrangères est trop forte pour qu'elles soient enlevées par ce moyen, on frotte les lames avec une brosse recouverte de rouge d'Angleterre, puis avec une brosse et de l'eau alcalisée, et on lave à grande eau. On voit alors que les pièces, qui étaient inactives d'abord, se recouvrent facilement des plus riches couleurs. Ces diverses préparations sont surtout nécessaires quand, ayant enlevé les couleurs, on remet de nouveau en expérience les pièces; car il reste souvent des dépôts qui nuisent à l'éclat des couleurs ou s'opposent même à tout dépôt ultérieur. Les pièces étant préparées, il faut éviter d'y toucher avec les doigts, car leur marque est indiquée par une absence de dépôt ou simplement un dépôt de mauvais effet; il faut donc prendre les plus grandes précautions pour attacher les fils conducteurs; aussi est-on obligé de tenir les objets avec un linge n'ayant touché à aucune matière organique capable d'adhérer aux surfaces. D'une bonne préparation, je le répète, dépend le succès de l'opération.

Il faut agir autrement à l'égard du cuivre, du fer et des

métaux oxydables, qui, en raison de leur oxydation, ne sont pas toujours aptes à recevoir des couleurs aussi belles et aussi variées que l'or, le cuivre doré et le platine.

Pour les objets en cuivre, on doit d'abord leur faire subir un premier dérochage, en chauffant les pièces jusqu'au rouge et les plongeant immédiatement dans de l'acide sulfurique étendu, marquant 12 degrés à l'aréomètre, et dont la température est de 60 à 80 degrés. On procède ensuite au décapage en les plongeant d'abord dans de l'acide nitrique, puis dans un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique, dans la proportion de trois parties du premier et une du second, avec addition d'une petite quantité de sel marin. On évite la suie, qui pourrait déposer des matières grasses. On lave à grande eau, et on plonge immédiatement dans le bain alcalin, sans sécher à la sciure, opération qui ne serait pas sans inconvénient, en raison des corps étrangers qui se déposeraient sur les surfaces.

Les pièces décapées peuvent rester, à la vérité, quelques instants dans l'eau, hors de l'influence de l'air, mais néanmoins il ne faut pas trop attendre, crainte d'altération.

Quand le cuivre a été bien décapé avec ce qu'on appelle le brillant, on obtient des effets de coloration très-satisfaisants, mais qui n'approchent pas cependant de ceux que donnent le bruni et le poli, avec le bruni surtout, qui donne une vigueur de ton que l'on n'obtient pas avec le décapage; mais, dans ce cas, l'opération même du poli ou du bruni apporte, sur les surfaces, des corps étrangers dont il faut les débarrasser en lavant comme ci-dessus, non avec une brosse et une solution aqueuse de potasse, mais bien avec un linge très-fin, trempé dans de l'alcool tenant en dissolution une petite quantité de potasse, puis laver à grande eau.

Toutes les fois que les pièces de cuivre ou de laiton, principalement ces dernières, n'ont que de petites dimensions, 2 ou 3 centimètres carrés de superficie environ, la coloration suit les mêmes phases que sur les surfaces dorées de petite ou de grande étendue; mais lorsque les dimensions sont considérables, la surface reste brillante pendant plus ou moins de temps et semble se trouver dans un état passif semblable à celui du fer qui a été plongé dans l'acide nitrique concentré; dans ce cas, il n'y a aucun effet de coloration. D'où peut donc provenir cet état passif du laiton mis en rapport avec le pôle positif d'un appareil voltaïque? Est-il dû ou à la formation d'un

oxyde de cuivre qui s'oppose, par conséquent, à celle du peroxyde anhydre, ou bien parce que le plombate de potasse est simplement décomposé? Ce sont des questions que nous avons dû indiquer en parlant de l'état des surfaces, mais qui ne pourront être approfondies que lorsque je parlerai de la coloration. On reconnaît immédiatement à un signe certain que celle-ci ne s'effectuera pas; c'est lorsqu'il se dépose beaucoup de plomb sur l'électrode négatif, et cela s'explique facilement : le protoxyde de plomb n'étant pas peroxydé, doit être réduit; aussi, peu d'instants après l'immersion, on voit si la coloration aura lieu ou non.

Quant à la précipitation du fer ou de l'acier, lorsque la plaque a été polie, on frotte la surface avec de l'eau alcalisée, et on lave à grande eau.

Du procédé de coloration.

Lorsque l'on soumet à l'action d'un appareil composé de quelques couples une dissolution saturée de protoxyde de plomb dans la potasse, au degré de densité indiqué, en prenant pour électrode négatif un fil ou une lame de platine, et pour électrode positif une plaque d'or ou de platine, il se dépose immédiatement sur celle-ci une couche de peroxyde anhydre de plomb, qui augmente peu à peu d'épaisseur, en produisant successivement tous les effets de couleur que présentent les anneaux colorés ou les lames minces. Aussitôt que la coloration est terminée, il faut retirer la lame colorée de la dissolution plombique et la laver à grande eau, afin d'enlever toute la potasse, qui réagirait assez promptement sur le peroxyde pour le changer en protoxyde qu'elle dissoudrait. La coloration commence d'ordinaire sur les bords des lames, dans les parties les plus éloignées des points d'attache, dans les parties, par conséquent, où l'action chimique du courant est la plus forte. C'est pour ce motif que, sans précautions préalables, il est impossible d'avoir des couleurs uniformes. Les couches de peroxyde de plomb adhèrent tellement, qu'elles supportent le bruni à la peau et au rouge d'Angleterre, et non le bruni à la sanguine ou au brunissoir d'acier ou de corne, par la raison que cette opération ne peut s'appliquer qu'aux substances malléables dont les parties s'étendent sous le brunissoir, propriété que ne possède pas le peroxyde de plomb, qui dès lors doit se détacher de la surface sur laquelle il est déposé quand l'action du brunissoir est suf-

fisamment forte. En outre, l'adhérence du peroxyde est d'autant plus forte que les métaux, du moins leurs oxydes, sont plus aptes à former des combinaisons avec ce composé; cette adhérence est tellement forte quelquefois, que le dépôt résiste assez longtemps à l'action des acides étendus.

Le peroxyde de plomb n'étant pas conducteur de l'électricité, il en résulte que l'épaisseur de la couche qui colore est très-limitée. Avant de faire connaître les différents procédés que nous avons adoptés pour obtenir tous les effets de couleur désirables, je dois indiquer l'ordre que suit la coloration, afin de pouvoir analyser facilement tous ses effets.

Des différents ordres de coloration.

La coloration obtenue sur les surfaces métalliques par le dépôt de couches successives de peroxyde de plomb, est due, comme je l'ai dit, au phénomène des lames minces qui laissent voir par transparence, quand il n'y a pas oxydation, la surface métallique sur laquelle elles sont déposées. Si cette surface est colorée, les couleurs dépendant de l'épaisseur des lames se mêlent avec celle qui lui est propre; d'où résultent des effets qui, bien qu'altérant les couleurs des anneaux colorés, ne changent en rien la succession des ordres différents, lesquels ne sont plus alors composés de couleurs simples. Avec l'or, par exemple, il est impossible d'obtenir le bleu, puisque sa couleur jaune se mêlant au bleu donne un vert bleuâtre, très-beau, à la vérité, mais qui n'est pas le bleu des anneaux colorés. Avec le platine on arrive au bleu, au bleu outremer, au plus beau bleu que l'on puisse obtenir. Je vais indiquer actuellement comment se succèdent, sur une lame d'or, les couleurs dues au dépôt de couches successives de peroxyde de plomb.

Premier ordre. Premier ordre des couleurs des anneaux colorés de Newton :

Noir, bleu très-pâle; blanc vif, jaune-orangé, rouge.

Premier ordre des couleurs des couches de peroxyde de plomb.

Léger dépôt dont la couleur ne peut être caractérisée, tant elle est fugitive; orangé, orangé foncé, gris-perle, tirant sur le verdâtre, le jaune d'or, rouge faible, beau rouge prismatique.

Deuxième ordre. Deuxième ordre des couleurs des anneaux colorés de Newton :

Pourpre sombre, pourpre, vert-pré vif, jaune vif, rose cramoisi.

Deuxième ordre des couleurs des couches de peroxyde de plomb :

Rouge tirant sur le violet, vert-bleuâtre, beau vert, jaune, rouge.

Troisième ordre. Troisième ordre de Newton :

Pourpre bleu, vert-pré vif, jaune brillant, rose cramoisi.

Troisième ordre des lames de peroxyde de plomb :

Violet vineux, vert foncé, vert tirant au rouge. Les couleurs au-delà prennent de plus en plus un aspect foncé, et, enfin, on arrive au noir de jaïet.

En comparant les couleurs des anneaux colorés de Newton et celles des couches de peroxyde de plomb appartenant à un même ordre, on voit des rapports bien manifestes, puisque, à quelques exceptions près, il n'y a de différence que dans les teintes ; l'ordre des couleurs se succède en effet assez bien.

Sur le cuivre, on observe les mêmes ordres de couleurs, si ce n'est qu'elles ne sont plus mélangées de jaune, mais bien d'une teinte rougeâtre qui leur donne de l'intensité.

Sur l'argent parfaitement poli, on commence par apercevoir une couleur jaune-verdâtre, due en partie à l'oxydation de l'argent, puis le jaune, le rouge, le bleu et le vert ; ensuite d'autres couleurs qui deviennent de plus en plus foncées.

Sur le platine, toutes les couleurs précédentes prennent de plus en plus une teinte bleue ; aussi celles qui sont bleues ou vert-bleuâtre donnent-elles le plus beau bleu, le bleu éclatant de l'outremer.

Sur le fer, et surtout sur l'acier, les différents ordres de couleurs se montrent avec assez d'intensité, mais en général elles sont assombries par la couleur grise du métal ; j'ai soumis à l'expérience les métaux exempts de couleur et ceux qui offrent des couleurs foncées. J'examinerai dans un autre Mémoire les effets obtenus sur le nickel, le cobalt, etc.

Des diverses dispositions à prendre pour donner des teintes uniformes ou variées aux surfaces.

Pour obtenir des teintes uniformes, il faut disposer l'objet pour que l'action du courant soit la même sur tous les points de la surface, sans quoi il y aurait des parties plus recouvertes de couches de peroxyde que d'autres ; de là des couleurs prismatiques ou des teintes plus ou moins variées sur la

même surface, ce qui produirait une irisation qui nuirait souvent à l'effet pittoresque. Pour avoir une seule couleur, il faut remplir plusieurs conditions qui dépendent des propriétés chimiques des courants et de l'habileté de l'opérateur.

1° Les dépôts de peroxyde doivent être successifs et extrêmement minces, afin de ne pas passer brusquement d'une couleur à une autre, c'est-à-dire qu'il faut s'arranger pour avoir successivement toutes les teintes d'une même couleur ; dans ce cas, on ne court le risque que d'avoir, sur une même surface, des teintes assez rapprochées d'une même couleur. On y parvient en prenant pour électrodes négatifs des fils de platine depuis 1 millimètre jusqu'à 1/10 de millimètre. Chaque fil est introduit dans l'intérieur d'un tube de verre, dont l'une des extrémités est fondue à la lampe et le fil coupé ras à cette extrémité, afin d'avoir, en dehors du tube, une pointe métallique, plus ou moins fixe, par laquelle le courant débouche ; de cette manière, on peut faire circuler dans le liquide un courant produit par une très-petite quantité d'électricité. A l'autre extrémité le fil est fixé avec du mastic, et on lui donne une certaine longueur, afin de le mettre en relation avec le pôle négatif de l'appareil décomposant. On prépare ainsi un certain nombre de tubes, tous en communication avec ce pôle, afin de prendre celui qui convient à l'étendue de la surface soumise à l'expérience. L'électrode négatif étant ainsi réduit aux plus petites dimensions possibles, puisqu'il ne peut avoir que la section d'un fil métallique presque microscopique, le dépôt des couches est graduel. Bien entendu qu'il faut enlever de temps à autre le dépôt de plomb qui, du reste, est peu considérable quand l'action est lente.

Au lieu d'un tube, que j'appellerai *tube électrode*, souvent on en réunit plusieurs semblables en les accolant les uns aux autres, de manière à ce que toutes les pointes soient dans le même plan ; ou bien on introduit dans le même tube un certain nombre de fils de platine, en fermant à la lampe l'extrémité par laquelle ils doivent plonger dans la dissolution. On les coupe à une certaine distance du tube, et on les écarte de manière à avoir un véritable pinceau.

2° Les objets communiquent avec le pôle positif de l'appareil décomposant ; quand ils n'ont qu'une étendue de 2 à 3 centimètres, on se borne à les attacher avec un fil de fer ou un fil de cuivre en relation avec ce pôle, ou bien on tient l'objet, avec une pince de fer, en relation avec l'appareil, en ayant

l'attention de limer fréquemment l'intérieur des branches, afin d'enlever le peroxyde déposé, qui, n'étant pas conducteur, empêcherait le courant de circuler. Si l'objet a une certaine étendue, il faut multiplier les fils de communication, afin que le courant débouche par un plus grand nombre de points. On peut saisir aussi l'objet avec une griffe en métal, en la changeant de place, sans quoi les points d'attache ne se coloreraient point. Enfin, plus le nombre des points de contact sera multiplié, plus le dépôt approchera de l'uniformité. S'il s'agit d'une surface carrée de peu d'étendue, on attachera à chaque angle un fil. Si l'étendue est considérable, on fera poser la lame sur deux fils croisés à angle droit, passant par les milieux des côtés. Avec un triangle, les trois angles sont mis en relation avec le pôle positif; avec un cercle, le point d'attache doit être au centre. Enfin, la loi de symétrie, relativement à la position des points de jonction, doit être satisfaite, car c'est le seul moyen de rendre uniforme l'action décomposante du courant.

3° S'il s'agit d'un anneau cylindrique, on placera la pince dans son intérieur, et l'on ouvrira les branches en les tenant écartées avec un coin de bois, ou bien on introduira dans l'intérieur un mandrin conique qui permettra, en l'enfonçant plus ou moins, d'appliquer la pièce sur le mandrin mis en relation avec le pôle positif. Si le cylindre est court, on le pose sur un plateau ou un treillage en cuivre communiquant toujours avec le pôle positif, et en ayant le soin d'enlever le peroxyde déposé par un moyen que nous indiquerons bientôt. Voilà pour ce qui concerne le mode de communication des objets avec le pôle positif; je vais indiquer comment on doit opérer avec le tube électrode pour arriver à l'uniformité ou à la variété des teintes.

Cet électrode ne doit jamais rester en repos, car le dépôt serait toujours plus abondant dans les points les plus rapprochés de l'objet. Il est donc indispensable de le promener continuellement au-dessus de la surface à recouvrir, en le tenant toujours sensiblement à la même distance, qui doit être d'autant plus grande que les objets ont moins de surface. C'est le seul moyen de rendre égale la distance entre la pointe métallique et tous les points de la surface, puisque les lignes obliques diffèrent de moins en moins de la perpendiculaire. Cette différence est surtout moins grande à l'égard des creux et des reliefs, qui, sans cette précaution, présenteraient des diffé-

rences dans leur coloration. Quand les corps ont de grandes dimensions, il faut écarter davantage la pointe de la surface; il faut accélérer le mouvement du tube électrode de manière à porter sans cesse la pointe, s'il s'agit d'un objet plan, du centre à la périphérie; il est des cas où la pointe doit être éloignée de 1 à 2 décimètres de la surface.

On pourrait croire qu'en employant des dissolutions de plombate de potasse plus ou moins étendues, on arriverait plus sûrement au but qu'on se propose, c'est-à-dire à une coloration lente et successive. La théorie l'indiquait effectivement, mais l'expérience a prouvé le contraire : les meilleurs résultats sont ceux obtenus avec la dissolution plombique saturée de potasse marquant 24 à 25 degrés de l'aréomètre de Baumé à la température ordinaire. Avec des dissolutions moins saturées, les couleurs n'ont pas d'éclat, et sont si lentes à se former, qu'il faudrait un temps considérable pour arriver à toutes les successions de teinte que l'on veut avoir. Le vase dans lequel on opère doit avoir de grandes dimensions dans tous les sens, afin d'être libre dans la manœuvre et de pouvoir écarter les tubes électrodes de la surface des objets, autant qu'on le juge convenable, en vue des objets que l'on veut produire. La forme cylindrique est la plus convenable, parce qu'elle permet d'obtenir une action régulière en promenant le tube électrode appliqué le long de la paroi intérieure; quand les objets ont de grandes dimensions, le diamètre du vase doit être deux ou trois fois celui de ces objets.

Pour fixer les idées sur la manière de manœuvrer le tube électrode, je citerai quelques exemples. S'agit-il de recouvrir uniformément, non plus la surface supérieure d'une lame carrée, mais les deux surfaces : après avoir établi un conducteur à chacun des quatre angles, on place horizontalement cette lame dans la dissolution, et l'on promène le tube électrode à une distance convenable des bords, en maintenant constamment la pointe au niveau de la lame et dans le même plan qu'elle, afin que l'action du courant soit la même au-dessus et au-dessous. Si la pièce a de plus grandes dimensions, après y avoir attaché le nombre de conducteurs convenable, le tube électrode simple ne suffit plus; il faut un tube électrode à deux ou plusieurs branches, dont chaque fil vient aboutir à un autre en communication avec le pôle positif de l'appareil décomposant. Je considère d'abord le tube à deux branches,

Digitized by Google

composé de deux tubes électrodes accolés l'un à l'autre, passés dans un bouchon, afin de pouvoir les faire glisser l'un sur l'autre dans le sens de leur longueur. Les deux bouts soudés sont recourbés à angle droit, d'abord à une distance qui doit être égale au moins à la demi-largeur de l'objet, puis à peu de distance de l'extrémité, afin de mettre les deux pointes sur la même ligne en regard. La branche terminale peut avoir seulement un demi-centimètre de longueur ; la lame est placée entre les deux pointes, chaque surface à la même distance de la pointe en regard. On peut manœuvrer cet appareil de manière à présenter successivement chaque pointe également vis-à-vis tous les points correspondants de chacune des deux surfaces. Comme la longueur de chaque premier coude est égale à un peu plus de la demi-largeur de l'objet, pour atteindre tous les points, il suffit de faire tourner tout le système autour de cet objet. Nous répétons que l'électrode double ou simple doit être continuellement en mouvement, en ayant soin que chaque pointe soit toujours à égale distance de la surface en regard, sans quoi l'action électro-chimique serait plus forte d'un côté que de l'autre ; on remplit cette condition au moyen de la disposition suivante. On fixe sur la paroi supérieure du vase deux petits tubes ou deux baguettes de bois dans une direction parallèle, et l'on place l'objet, si c'est une lame carrée, de manière que deux des côtés soient à égale distance de ces bords. On applique le bord inférieur de la grande courbure du tube supérieur sur l'un des tubes ; de cette manière, les deux points sont à égale distance des deux surfaces. Si l'on veut opérer régulièrement une surface circulaire, on fait glisser le tube électrode dans l'intérieur d'une spirale horizontale de cuivre, dont le sommet correspond au centre du cercle, et dont tous les points sont également éloignés de la surface supérieure de l'objet.

Veut-on colorer intérieurement une surface hémisphérique, on remplit la capacité de la dissolution, et l'on met en communication le vase avec le pôle positif, en le posant sur une lame de cuivre en relation avec ce même pôle. On immerge le tube électrode de manière à placer la pointe au centre de la section, et on l'y laisse dans une position fixe. Dans ce cas, l'action décomposante du courant est la même sur tous les points de la surface. Avec un vase cylindrique, le tube électrode doit être placé suivant l'axe, et la pointe portée constamment de haut en bas ; s'il s'agissait d'une sphère, il fau-

Digitized by Google

drait que la pointe fût placée au centre, immobile. On voit que, dans tous ces arrangements, la loi de symétrie est remplie.

Pour être assuré que l'on passe successivement par toutes les teintes intermédiaires, et pouvoir s'arrêter non-seulement à la couleur, mais encore à la teinte que l'on désire avoir, l'immersion du tube électrode ne doit durer que quelques secondes, surtout à l'approche de cette couleur ou de cette teinte. On retire alors la pièce du bain; on juge de l'état de coloration; mais, quand on cesse, il faut immédiatement laver à grande eau et faire tomber sur la pièce un courant d'eau froide, afin d'enlever les moindres quantités de potasse qui altéreraient assez promptement les couleurs.

J'ai à faire connaître maintenant comment il faut opérer pour donner à une surface, ou à une portion de surface, des couleurs différentes ou des teintes d'inégale intensité, comme cela doit avoir lieu pour colorer les pétales ou autres parties d'une fleur. Il faut, pour cela, partir de ces deux principes : que les dépôts formés sur les lignes terminales sont les plus forts, ainsi que les parties les plus rapprochées de la pointe du tube électrode. Rien n'est plus simple, à l'aide de ces deux principes, et en prenant un certain nombre de fils de communication, d'arriver au but qu'on se propose.

Supposons un cercle représentant la projection horizontale d'une rose, et que l'on veuille colorer en vert la partie centrale, on commence par mettre le tube électrode pendant quelques instants au-dessus de cette partie : la surface se couvrira d'un dépôt qui sera plus fort là que partout ailleurs. Cela fait, on portera le tube bien au-dessus de la première position, pour que l'action soit partout uniforme : le vert se produira dans la partie centrale, tandis que les parties latérales rouges auront une teinte d'autant plus uniforme, qu'elles s'éloigneront du centre. Si l'on veut la nuancer, on promènera le tube électrode en décrivant sensiblement une spirale qui aboutira au centre. Avec une certaine habitude, on parvient à *peindre* une fleur avec les tubes électrodes simple ou composé, avec toutes ses nuances, de sorte que ces tubes peuvent être comparés, jusqu'à un certain point, à des pinceaux. La perfection des effets produits dépend : 1° des connaissances électro-chimiques de l'opérateur; 2° de son adresse; 3° de son talent artistique.

Les objets colorés que j'ai eu l'honneur de mettre sous les

yeux de l'Académie, quoique ne réunissant pas toutes les qualités que la coloration électro-chimique présentera un jour, donneront cependant une idée du parti que l'on pourra tirer pour l'industrie de l'art dont j'expose ici les principes généraux. J'omets une foule de détails que l'opérateur trouvera facilement quand il aura acquis une certaine habitude dans les manipulations.

Quand une pièce est manquée, rien n'est plus simple que d'enlever les couches de peroxyde; il faut la plonger pendant quelques instants dans de l'acide acétique pour décomposer le peroxyde et dissoudre le protoxyde, brosser la surface, puis laver.

De l'appareil décomposant.

Pour obtenir tous les effets qui viennent d'être décrits, il faut employer un appareil décomposant, sensiblement à courant constant pendant toute la durée des opérations. Il doit être d'une manœuvre facile, et je n'ai rien trouvé de mieux que des couples composés d'un cylindre de cuivre de 1 décimètre de diamètre, de 1 décimètre et demi de hauteur, d'un cylindre plein de zinc de 2 ou 3 centimètres de diamètre, qu'on amalgame préalablement, et entouré du précédent; chaque couple est placé dans un bocal cylindrique de verre, et mis en relation avec le suivant au moyen des dispositions connues. La pile est chargée avec de l'eau renfermant environ 1/100 d'acide sulfurique. Six couples suffisent ordinairement pour toutes les opérations. On peut en employer moins, mais les résultats les plus satisfaisants m'ont été donnés avec ce nombre.

Il faut toujours que le fil conducteur, ainsi que les diverses parties de communication, soient très-propres, afin de ne pas avoir d'irrégularités, dans l'action du courant, qui gêneraient l'opérateur.

On s'aperçoit que le courant a une trop forte intensité quand, au lieu de peroxyde anhydre, on voit apparaître le peroxyde hydraté jaune; il faut alors y remédier, car toute coloration cesse.

De l'altération des couleurs et des moyens de la prévenir.

Les couleurs produites par le dépôt de couches minces de peroxyde de plomb s'altèrent-elles plus ou moins promptement à l'air, suivant les métaux sur lesquels elles sont déposées? C'est un point important à examiner pour les applications aux arts : je vais indiquer les causes qui déterminent

Digitized by Google

cette altération, ainsi que celles qui peuvent l'empêcher, ou du moins en atténuer les effets. Les observations que je vais présenter sont relatives à la coloration sur or, parce qu'elle est produite uniquement par les couches successives du peroxyde de plomb non mêlé ou combiné avec d'autres oxydes.

Toutes les causes qui décomposent le peroxyde de plomb altèrent nécessairement cette substance; ainsi, les acides et les alcalis font passer le peroxyde à un état d'oxydation moindre, pour se combiner avec le protoxyde. On doit donc éviter de laisser les objets colorés exposés aux émanations acides ou ammoniacales qui, en décomposant le peroxyde de plomb, altéreraient les couleurs. Le seul moyen d'empêcher le contact des émanations acides ou ammoniacales, est de placer les objets sous verre, ou bien de recouvrir leur surface d'un vernis transparent, résistant, et qui, en s'opposant à l'action des vapeurs, n'altère que le moins possible leur couleur. Le choix du vernis est donc d'une grande importance pour la conservation des objets colorés.

J'ai fait à ce sujet un grand nombre d'expériences, qu'il est inutile de rapporter ici, pour étudier les qualités de tous les vernis dont je pouvais disposer. Voici les principaux faits observés : le meilleur vernis serait, sans aucun doute, celui qui, étant saturé d'oxygène, n'en enlèverait pas au corps qu'il recouvre. Or, aucun vernis ne possède cette propriété; on est donc forcé de prendre celui qui est le moins altérable à l'air.

On distingue quatre espèces de vernis : 1° vernis à l'alcool; 2° vernis à l'essence de térébenthine; 3° vernis à l'huile de lin; et 4° vernis à l'huile de lin lithargirée, les résines employées pour faire les deux premiers étant ou la gomme laque ou la gomme copal. Les trois premiers vernis ne peuvent convenir, car ce sont ceux qui altèrent le plus les couleurs. Le quatrième les altère aussi, mais moins, surtout quand il est saturé de litharge, parce qu'alors il est moins disposé à réagir sur le peroxyde. Voici la composition de ce vernis : dans un pot vernissé on met 1/2 litre d'huile de lin, de 4 à 8 grammes de litharge en poudre fine, 2 grammes de sulfate de zinc, et l'on chauffe à une chaleur modérée pendant plusieurs heures. Quand la dissolution de l'oxyde de plomb est faite, on filtre pour séparer la litharge excédante. Si l'huile s'est trop épaissie, on la dissout avec de l'essence de térébenthine qu'on a fait bouillir préalablement dans un ballon sur la litharge, pour enlever l'acide succinique qui pourrait s'y trouver, le-

quel altérerait les couleurs. Le vernis préparé, on l'étend sur la pièce en couche très-mince avec un pinceau, et on le fait sécher à une douce température. Quand la pièce est très-sèche, on met une seconde couche, et l'on fait également sécher. A la première application du vernis, voici les effets que l'on observe : le bleu du second ordre disparaît, de sorte que le vert-bleuâtre devient vert-jaune; le jaune et le rouge changent très-peu. Quant aux couleurs du troisième ordre, surtout le vert foncé, elles restent intactes.

De sorte qu'au moyen du vernis, les pièces sont tout-à-fait préservées. Quand on veut obtenir et conserver les couleurs du deuxième ordre, à l'exception du vert-bleuâtre, du vert-pré, il faut, dès l'instant qu'on a passé le vert-bleuâtre et que le vert-jaune commence à paraître, s'arrêter, laver, faire sécher, mettre le vernis; alors la couleur est préservée. Il faut dire que ce vernis ne jouissant pas d'une transparence parfaite, puisqu'il est coloré en brun, les couleurs perdent de leur éclat, mais gagnent en solidité. On peut se demander pourquoi les couleurs du troisième ordre sont plus facilement préservées que celles du deuxième, et surtout du premier. On pourrait croire que les couches de peroxyde, étant plus épaisses, sont préservées plus facilement; mais alors la première couche disparaissant, on devrait voir la couche qui précède, ce qui ne paraît pas être. Au surplus, la disparition du bleu du second ordre nous montre une action particulière du vernis, qu'il est bien difficile d'expliquer *a priori*. Je dis *a priori*, parce que les couches de peroxyde de plomb sont si minces, qu'on ne peut analyser les effets produits. On ne peut qu'observer ces effets, les décrire en s'appuyant sur les données que la physique et la chimie nous fournissent. MM. Lefranc, habiles fabricants de vernis, ont eu la bonté de me préparer un vernis gras à la gomme copal, qui, loin d'altérer le bleu produit sur le cuivre platiné, lui donne au contraire plus d'éclat, du moins pour certaines teintes. Ce vernis est le plus résistant que l'on connaisse.

De la coloration des pièces en cuivre, en platine, en argent, maillechort, laiton, en fer ou acier.

Tous les effets de la coloration que je viens de décrire ont été produits sur l'or ou le cuivre doré; ces effets ont lieu, quelle que soit l'étendue des surfaces; mais il n'en est pas de même du laiton et quelquefois du cuivre rouge : il s'opère au

commencement un phénomène dont je ne connais pas bien la cause, quoique je sois parvenu au moyen de m'en garantir.

Laiton. — Quand la pièce est petite (1 ou 2 centimètres de superficie), la coloration s'opère dès que le circuit est fermé, et d'autant plus rapidement que la surface est petite; mais quand elle est plus grande, la pièce reste brillante pendant plus longtemps, et conserve même son éclat. La surface se trouve donc dans un état passif analogue à celui qu'on fait acquérir au fer par différents moyens, puisqu'il ne s'opère aucun effet de coloration. Cet état apparent de passivité que présentent également d'autres métaux, est-il dû à un simple dépôt d'oxygène sur la surface, ou à une couche d'oxyde de cuivre qui se forme avant la formation du peroxyde de plomb? Les faits qui vont suivre laisseront entrevoir la cause du phénomène. L'état apparent de passivité est indiqué par un dépôt abondant du plomb sur l'électrode négatif, ce qui s'explique facilement, puisqu'il ne se forme pas de peroxyde.

L'expérience ayant appris qu'une très-petite surface se colore immédiatement, il s'ensuit qu'elle acquiert la modification nécessaire pour que le phénomène ait lieu. Cela posé, on peut faire acquérir à de grandes surfaces de laiton cette modification, pour que la coloration s'opère comme sur de petites surfaces. Il faut pour cela plonger d'abord dans la dissolution alcaline une petite portion de la surface, qui se colore aussitôt, et continuer à immerger les parties voisines jusqu'à ce que toute la pièce soit en contact avec le liquide.

La modification qu'acquiert alors la pièce est indiquée par un nuage fugitif qui la recouvre tout entière, et dont on ne peut définir la couleur, tant elle est fugace; mais ce qu'il y a de particulier et de non moins étonnant, c'est que la première partie plongée qui s'est colorée presque entièrement, perd sa couleur et reprend sensiblement celle du métal, sans qu'il soit possible de la recolorer; une fois le nuage étendu comme une ombre sur toute la surface, en très-peu d'instants on voit toutes les phases de la coloration se produire telles qu'elles ont été décrites précédemment, et dont les couleurs rivalisent pour l'éclat avec ce que l'or le plus poli nous a offert de mieux. Il n'est question, bien entendu, ici, que de la coloration analogue à celles obtenues sur l'or et le cuivre doré, et non de la coloration dont les teintes ont un aspect vineux que l'on obtient sur de grandes pièces, qui restent longtemps en expérience.

Quand on veut colorer une pièce ayant de certaines dimensions, en suivant la marche que je viens d'indiquer, on la pose sur un plan incliné plongeant dans la dissolution et le long duquel on la fait descendre lentement. Au moyen de cette disposition, il n'y a, à chaque instant, en contact avec la liqueur, qu'une petite portion de la surface non encore soumise à l'action voltaïque. On serait porté à croire, en raison des effets produits, que si l'on augmentait les dimensions de l'électrode négatif, on rendrait promptement active une grande surface; mais il n'en est rien; car, que cet électrode soit grand ou petit, la surface positive, quand elle a une certaine étendue, reste toujours passive, de sorte que pour la rendre active il faut suivre la marche que je viens d'indiquer. Quant à la véritable cause du phénomène, je ne l'ai pas encore aperçue; seulement, comme les couleurs sont plus stables sur le laiton que sur l'or, il est probable qu'il se forme une combinaison ou peut-être un mélange d'oxyde de cuivre et de peroxyde de plomb que des recherches ultérieures feront connaître. En attendant, je dirai que parmi les couleurs obtenues, il y a, dans le second ordre, un jaune comparable à celui de l'or, et qui, dans quelques cas même, paraît identique.

Le cuivre rouge prend aussi quelquefois l'état passif, mais moins fréquemment que le laiton.

L'argent n'est jamais passif quand sa surface est préparée en suivant toutes les indications que j'ai données; mais sa coloration ne ressemble en rien à celle des autres métaux. Quoique l'on puisse suivre les différents ordres des anneaux, attendu que ce métal éprouve promptement une oxydation qui donne une teinte jaunâtre vineuse à toutes les couleurs, quand la surface est parfaitement polie, et que le courant n'est pas assez intense pour altérer bien sensiblement l'argent, alors on peut obtenir des couleurs assez vives.

Le platine, et surtout le cuivre platiné, se colorent des plus riches couleurs bleues que l'art, je crois, puisse produire. Tout porte à croire que l'oxydation du platine intervient dans la production de ces couleurs, qui serait le résultat de la combinaison ou du mélange d'un oxyde de platine et de peroxyde de plomb; c'est un point qui sera ultérieurement traité : bien que le bleu soit la couleur dominante, néanmoins, on obtient plusieurs couleurs des diverses séries des anneaux colorés. Les violettes et les bleuets qui se trouvent parmi les objets que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, montreront, je crois,

jusqu'à quel point la couleur bleue dont il est question approche de celle des fleurs naturelles.

Le maillechort, frotté à sec avec de la ponce très-fine et une brosse, se colore très-bien, sans que sa surface devienne passive, du moins dans la plupart des cas. Quand sa surface est polie, on peut y développer de très-belles couleurs.

L'acier poli se colore facilement quand sa surface a été préparée convenablement. On retrouve les diverses teintes qu'il prend quand on le chauffe, outre les tons qui dépendent des dépôts successifs de couches de peroxyde.

CONCLUSION.

Les détails dans lesquels je suis entré, tant sur l'analyse des effets de coloration que sur les moyens pratiques à l'aide desquels on peut les appliquer à l'industrie, suffisent, je l'espère, pour mettre à même les personnes qui voudront s'en occuper, de le faire sans éprouver de trop grandes difficultés. En terminant, je comparerai les effets que j'ai observés avec les effets électro-chimiques de Nobili, dont il a été fait mention au commencement de ce Mémoire, en m'attachant particulièrement à ceux qu'il a obtenus avec l'acétate de plomb, me proposant d'examiner dans un autre Mémoire les effets résultant de la réaction des autres dissolutions. Pour obtenir les anneaux colorés concentriques, plus ou moins rapprochés, sur une lame d'or rendue positive, Nobili avait employé une dissolution neutre ou sensiblement neutre d'acétate de plomb. Il a bien rapporté le fait, mais sans chercher à l'expliquer. Ces anneaux devaient disparaître promptement aussitôt que l'acide acétique devenait libre, en raison de la réaction que cet acide exerce sur le peroxyde de plomb; mon mode d'expérimentation et les effets obtenus sont différents. La dissolution que j'emploie est alcaline et ne pourrait être autre, parce qu'il faut que l'oxyde de plomb qui se porte au pôle positif en se peroxydant, joue, relativement à la potasse, le rôle d'acide, pour que l'adhérence soit aussi forte que possible, ce qui ne saurait avoir lieu en opérant avec l'acétate de plomb ou autre sel de plomb, par la raison que l'oxyde se comporte comme base. D'un autre côté, on a toujours des anneaux colorés dans les expériences de Nobili, tandis qu'avec mon mode d'expérimentation, on peut obtenir des teintes uniformes, durables et très-adhérentes, sur des surfaces d'une certaine étendue. Nobili a cherché les anneaux colorés, et moi je les

évite. Il n'y a réellement de commun entre les anneaux colorés électro-chimiques de Nobili et les phénomènes de coloration dont il est question ici, qu'en ce que les uns et les autres sont produits par des lames minces.

Dans un troisième Mémoire, j'exposerai les effets divers obtenus en opérant sur des lames de cuivre ou d'un autre métal, recouvertes d'une couche métallique ou d'oxyde, afin de montrer jusqu'à quel point on peut varier les effets qui viennent d'être décrits; enfin, je n'omettrai rien de ce qui pourra éclairer le nouvel art dont je cherche à poser les bases.

DE LA PRÉCIPITATION DES MÉTAUX PAR D'AUTRES MÉTAUX, PAR M. BECQUEREL.

Considérations générales.

Dans les deux précédents Mémoires, je me suis attaché à exposer les principes généraux à l'aide desquels on parvient à déposer électro-chimiquement les oxydes sur les métaux, en couches plus ou moins minces, d'où résultent des couleurs analogues à celles des lames minces de Newton; j'ai cherché également à résoudre toutes les questions techniques qui s'y rapportent, afin que, immédiatement et sans difficulté, l'industrie pût se servir de ce nouveau mode de coloration; j'ai donné en outre un vernis très-puissant, à l'aide duquel on préserve de toute altération les couleurs produites, à l'exception du bleu du premier et du second ordre. Une seule difficulté arrêtait, c'est celle de la coloration des grandes surfaces de cuivre; mais j'ai reconnu depuis qu'on la lève facilement en se servant d'un appareil dont le nombre de couples et l'étendue des surfaces de chaque élément sont en rapport avec l'étendue des surfaces à colorer. Dès l'instant que je fus parvenu au but que je me proposais, je me suis occupé de résoudre la même question à l'égard des dépôts de tous les métaux sur différents métaux, en m'appuyant sur un principe général facile à mettre en pratique. Celui qui m'a paru le mieux convenir est l'immersion à une température élevée dans une dissolution neutre d'un double chlorure métallique et alcalin, en m'aidant quelquefois de l'action voltaïque. Dans le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, sont consignés les résultats généraux auxquels je suis parvenu, en examinant seulement la question sous le rapport scientifique, remettant à la traiter à une autre époque sous le point de vue industriel, parce que les applications exi-

gent une foule de recherches, de détails minutieux, qu'une longue pratique peut seule faire acquérir.

La précipitation des métaux de leur dissolution respective par d'autres métaux plus oxydables a été mise à profit pour les besoins des arts depuis les temps les plus reculés. Cette question est aussi d'une grande importance pour la chimie générale, soit que le métal précipité se trouve à l'état pulvérulent, soit qu'il adhère avec plus ou moins de force sur le métal précipitant. Je vais l'envisager sous le point de vue le plus général, afin d'essayer de remonter aux causes qui président à la précipitation des métaux.

Les rapports qui lient les affinités aux forces électriques sont si bien établis, qu'il est possible, en s'appuyant sur des données fournies par l'électro-chimie, de faire naître dans une foule de cas, au moyen des forces électriques, les affinités qui, sans elles, ne se seraient pas manifestées. Mais avant d'entrer en matière, j'indiquerai succinctement l'usage que faisaient les anciens des précipités métalliques.

Depuis un grand nombre de siècles on connaissait la dorure sur métaux; les statuettes et bronzes trouvés dans les tombeaux d'Egypte en sont une preuve manifeste. Si dans d'autres contrées moins favorisées par le climat, on rencontre très-peu de statues dorées, il faut l'attribuer à une altération plus ou moins rapide provenant du contact de l'or et du bronze. A une époque bien postérieure, dans le Bas-Empire, on frappait des monnaies de fer ou de cuivre recouvertes d'argent. Au rapport de Pline, on dorait le cuivre par l'intermédiaire du mercure; le cuivre était étamé et argenté pour le préserver de toute altération, art dont ce célèbre naturaliste attribue la découverte aux Gaulois, qui en faisaient un tel usage, que les Bituriges argentaient leurs charriots, litières et autres objets d'un emploi journalier. Argenter le cuivre on le conçoit, l'opération était simple; mais il n'en est pas de même du fer, qui exige une double opération. Vitruve signale la dorure de l'argent et du cuivre au moyen du mercure. Zozime, auteur profane du 5e siècle, fait mention de la précipitation du cuivre sur le fer, opération dans laquelle le cuivre reparaît avec son aspect métallique. Mille ans après, Paracelse nous apprend que, pour décomposer une dissolution d'argent, il suffit de plonger dans la dissolution une lame de cuivre sur laquelle l'argent métallique se dépose. Bernard de Palissy, dans son *Traité des métaux et de l'alchimie*, nous apprend que l'on était

parvenu à dorer et argenter le fer par immersion, en le plongeant dans une dissolution très-limpide qu'il n'a pas fait connaître; une lame de fer prenait aussitôt l'aspect de l'or ou de l'argent, suivant la nature de la dissolution. Boyle enfin rapporte que, pour dorer le fer au moyen de l'amalgame d'or, on commence par plonger ce métal dans une dissolution chaude de sulfate de cuivre; le cuivre précipité sert à fixer l'or au moyen du mercure; enfin on argente le cuivre et le laiton au moyen du chlorure d'argent.

Bien d'autres documents, que je ne rapporte pas ici, prouvent donc que l'application métallique pour préserver les métaux oxydables des influences atmosphériques, ou leur donner l'aspect des métaux précieux, était pratiquée depuis bien des siècles, et qu'il est à croire même que le procédé à l'aide duquel on dorait immédiatement le fer ainsi que le cuivre a été perdu, puis retrouvé.

Sans entrer dans l'examen historique de tout ce qui a été fait relativement à l'application des métaux sur d'autres métaux depuis l'établissement de la chimie moderne, je me bornerai à dire que l'intervention de l'électricité dans cette application constitue une nouvelle ère, à l'établissement de laquelle ont concouru plusieurs physiciens et industriels. Parmi les premiers, on doit distinguer M. De la Rive; parmi les seconds, M. Elkington, qui a découvert la propriété que possèdent les dissolutions d'aurate alcalin, de dorer, à la température de l'ébullition, les objets en cuivre parfaitement décapés qu'on y plonge; c'est lui aussi qui a trouvé que les mêmes dissolutions, et en général les dissolutions d'or alcalines, servaient à dorer électro-chimiquement avec l'appareil simple. Ce n'est que plus tard que M. de Ruolz fit usage de ces dissolutions et d'autres analogues, et donna de l'extension non-seulement à la dorure électro-chimique, mais encore à l'argenture et à l'application de quelques métaux sur le cuivre, le fer, et même l'étain. Ce développement inattendu, donné aux applications de la pile, repose, comme on le voit, sur l'emploi *exclusif* des dissolutions alcalines. C'est donc dans ces dissolutions que réside le principe dominant de la dorure et de l'argenture qui préoccupent aujourd'hui l'industrie. On conçoit jusqu'à un certain point d'où peuvent provenir les dissolutions alcalines. Quand M. Payen observa que le fer, plongé dans une dissolution de potasse caustique en certaine proportion, était préservé de toute altération, on crut d'abord que cet effet était

dû à ce que la dissolution ne renfermait pas assez d'air pour que le métal fût oxydé. Mais ce chimiste ayant démontré que la dissolution préservatrice renfermait autant d'air qu'une autre dans laquelle le fer était promptement oxydé, on dut en conclure que l'alcali exerçait dans cette circonstance une influence due à son contact avec le fer.

En examinant les effets électriques produits dans le contact de la dissolution et du fer, on reconnut qu'il existait une action chimique excessivement lente et d'une nature particulière, puisque les deux corps en présence ne prenaient chacun une charge d'électricité qu'autant que le circuit était resté ouvert pendant quelques instants.

La potasse exerçait donc là, par son contact avec le fer, une influence inconnue qui empêchait le fer d'être oxydé aux dépens de l'oxygène de l'air contenu dans la dissolution.

En rapprochant ce fait de la propriété des dissolutions alcalines métalliques, servant soit à la dorure électro-chimique, soit à la dorure par immersion, de cet autre fait que certaines dissolutions non alcalines ne peuvent servir, dans les mêmes circonstances, à opérer des dépôts d'or, d'argent ou de cuivre sur différents métaux qu'on y plonge, on est porté à croire que les dissolutions alcalines, réagissant moins vivement sur les métaux, permettent aux molécules de se grouper selon les lois de la cristallisation, ou du moins de manière à s'agréger entre elles.

Tel est le grand avantage que l'on retire des dissolutions alcalines; mais il faut avouer aussi qu'elles ne remplissent pas toujours le but que l'on se propose, comme celle de platine en est un exemple, puisqu'on n'a pu encore déposer sur le cuivre qu'une couche excessivement mince de ce métal, sans pouvoir y faire adhérer les dépôts subséquents. C'est pour ce motif que le platine n'est pas encore eu usage dans l'industrie.

Telles sont les considérations que j'ai cru devoir présenter avant d'exposer le résultat de mes recherches touchant la précipitation des métaux de dissolutions neutres par d'autres métaux, sans adhérence ou avec adhérence, en employant ou non le concours de l'action chimique de l'électricité.

De la précipitation de leurs dissolutions au moyen du zinc, de quelques-uns des métaux considérés jusqu'ici comme irréductibles.

Le principe à l'aide duquel on ramène immédiatement à

l'état métallique certains métaux en dissolution, est connu depuis longtemps. Il suffit de plonger dans la dissolution un métal plus oxydable que celui qui est en combinaison. C'est ainsi qu'on décompose une dissolution de cuivre, d'or, d'argent, etc. Il se substitue alors à sa place en proportions atomiques avec le zinc, le fer, etc. Le dépôt formé sur la surface du métal précipitant est tantôt pulvérulent, tantôt plus ou moins adhérent, suivant la densité de la dissolution, la température, et diverses circonstances parmi lesquelles on met en première ligne le contact avec le métal précipitant, d'où résulte un couple voltaïque dont l'action est souvent déterminante : on en a un exemple dans l'étamage des épingles de laiton, qui, plongées dans un bain convenable d'étain, ne se recouvrent d'une couche de ce dernier métal qu'autant qu'elles sont mises en contact avec un morceau d'étain.

Tous les effets de ce genre sont dus en partie aux affinités, en partie aux effets électro-chimiques qui en sont la conséquence. Ce concours de l'affinité et de l'électricité doit donc toujours être pris en considération dans les recherches relatives à la réduction immédiate des métaux.

Les faits nouveaux que j'ai l'honneur de faire connaître aujourd'hui à l'Académie prouveront la justesse de mes observations à cet égard.

Je commencerai par donner, d'après notre confrère Thénard, le tableau de la réduction des dissolutions salines par les métaux.

(*Voir ce Tableau, page ci-contre.*).

Les précipités signalés dans ce tableau sont tantôt pulvérulents, tantôt formés de parties plus ou moins cohérentes, tantôt ils adhèrent sur le métal précipitant. Les causes qui produisent ces différents états moléculaires dépendent de diverses circonstances, dont les unes sont connues, et les autres seront indiquées plus loin. Les métaux obtenus jusqu'ici à l'état de poudre noire sont : l'antimoine, l'arsenic, l'osmium, le palladium, le rhodium et l'iridium ; les autres sont formés de parties plus ou moins agrégées, et possèdent la plupart du temps l'éclat métallique, entre autres le plomb, le mercure, le cuivre et l'argent. On verra comment ces métaux peuvent être obtenus en couches très-minces, avec l'aspect métallique, par simple immersion dans un bain métallique.

Si l'on jette les yeux sur le tableau suivant, on voit dans

SELS dont les dissolutions sont irréductibles par les métaux.	SELS dont les dissolutions sont réductibles par certains métaux (1).	
SELS DES DEUX PREMIÈRES SECTIONS.		
Sels de manganèse.	Sels d'étain.	
— de zinc.	— d'arsenic.	
— de fer.	— d'antimoine.	
— de cobalt.	— de bismuth.	
— de nickel.	— de plomb.	
— de chrôme.	— de cuivre (2).	
— de titane.	— de tellure.	
— d'urane.	Azotates de mercure.	Réduits par le zinc, le fer et tous ceux qui précèdent.
— de cérium.		Réduits par le fer, le zinc et peut-être le manganèse.
	Sels d'argent (3).	Réduits par le fer, le zinc, le manganèse, le cobalt et tous ceux qui précèdent l'argent.
	— de palladium	
	— de rhodium.	
	— de platine.	
	— d'or.	
	— d'osmium. .	
	— d'iridium. .	

(1) Pour que la réduction se fasse bien, il faut que le sel nouveau soit soluble.
(2) L'acétate de cuivre est réduit par le plomb
(3) L'azotate d'argent est réduit par le cobalt.

la première colonne que les sels de manganèse, de zinc, de fer, de cobalt, de nickel, de chrôme, de titane, d'urane et de cérium, sont regardés comme irréductibles par les métaux. Pourquoi a-t-on tiré cette conséquence? C'est qu'on a opéré, surtout à l'égard du cobalt, du nickel et du fer, dans des circonstances où la réaction du métal le plus oxydable sur les sels précédemment cités était trop faible pour que la réduction

s'effectuât. Il serait, en effet, arrivé tout le contraire si l'on eût augmenté l'énergie de cette réaction à l'aide de la chaleur. Les faits suivants en fourniront la preuve, en même temps qu'ils donneront à la chimie de nouveaux moyens d'analyse, et peut-être à la métallurgie et à l'industrie des procédés qui pourront leur être de quelque utilité.

Pour montrer comment j'ai été conduit à la réduction en question, j'indiquerai la relation existant entre les forces électriques à l'aide desquelles on parvient à décomposer la plupart des sels précédemment cités, et les affinités en vertu desquelles on obtient la même décomposition.

J'ai démontré, il y a plusieurs années, comment, avec l'appareil-électro-chimique simple, dans lequel l'électricité était fournie, soit par l'oxydation seule du zinc, soit par la réaction l'une sur l'autre de deux dissolutions différentes séparées par un diaphgrame, on parvenait à décomposer tons les sels, de manière à obtenir les métaux à l'état métallique, en cristaux, en lamelles ou en poussière. On pourrait donc, avec l'oxydation seule du zinc, dégager assez d'électricité pour que celle-ci, transformée en courant, eût une énergie suffisante pour opérer la décomposition des sels métalliques et la réduction des oxydes. Or, les moindres corps étrangers, métalliques ou non, pourvu qu'ils soient conducteurs, adhérant à la surface du zinc, opèrent cette transformation. Il en est de même quand le zinc n'est pas pur. En effet, il a été démontré qu'un morceau de zinc du commerce qui renferme diverses substances est plus attaqué par les acides qu'un autre qui est chimiquement pur. Dans le premier cas, on reconnaît, à l'aide du multiplicateur et de deux pointes de platine en relation avec cet appareil que l'on promène sur la surface du zinc plongé dans de l'eau acidulée, que cette surface est parcourue dans tous les sens par une multitude de courants électriques, ce qui ne peut avoir lieu qu'autant qu'il se trouve à la surface du zinc des corps étrangers, alliages ou autres conducteurs de l'électricité. Tel est le principe simple qui m'a servi de point de départ dans les recherches dont j'expose aujourd'hui les résultats. Le zinc devra donc être naturellement le corps précipitant, puisque c'est le métal conducteur d'électricité par excellence.

Que se passe-t-il quand on plonge un morceau de zinc bien décapé dans une dissolution d'un sel métallique à la température ordinaire? Ce métal, qu'il décompose ou non le sel,

réagit avant tout sur l'eau et s'oxyde aux dépens de son oxygène, et l'hydrogène devient libre. Il en résulte un dégagement d'électricité par suite duquel le métal prend l'électricité négative, et le liquide l'électricité positive; mais à l'aide des particules d'alliage ou autres corps étrangers conducteurs, ces deux électricités constituent un courant dont l'action rend le métal plus oxydable, ou du moins les parties non recouvertes de corps étrangers, d'où résulte une nouvelle énergie dans l'oxydation, tandis que l'hydrogène vient en aide à la réduction des oxydes métalliques qui se trouvent dans la dissolution; mais si à cette action électro-chimique, ou plutôt à cette multitude d'actions électro-chimiques dont on démontre l'existence à l'aide des aiguilles en platine, on ajoute les affinités de l'oxygène et de l'acide ou des corps se comportant comme tels, plus fortes pour le zinc que pour le métal dissous, et en outre l'action de la chaleur qu'on a négligée jusqu'ici, on a alors réuni toutes les conditions les plus favorables pour obtenir des dépôts métalliques. Avec un accroissement de chaleur, l'oxydation est plus forte, parce que le liquide devient meilleur conducteur de l'électricité, et que le courant ayant plus d'intensité, son action décomposante se trouve augmentée. Il ne faut donc jamais perdre de vue que la précipitation des métaux, au moyen d'un métal plus oxydable plongé dans leur dissolution, est un phénomène en partie chimique et en partie électro-chimique. J'ajouterai encore que, lors même qu'il n'y aurait pas de corps étrangers, alliages ou autres, adhérant à la surface du métal précipitant, celui-ci en contact avec l'eau, l'acide, un sel, l'oxyde métallique, c'est-à-dire l'oxygène et le métal, on trouverait réunies toutes les conditions qui peuvent constituer des effets de contact.

Telles sont les considérations qui m'ont conduit à la réduction, au moyen du zinc, de plusieurs des dissolutions regardées jusqu'ici comme irréductibles, ainsi qu'à la précipitation avec adhérence de presque tous les métaux non alcalins sur d'autres métaux.

M. Capitaine (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. II, p. 126) avait déjà montré que si l'on plongeait un morceau de zinc dans une dissolution aussi neutre que possible de protochlorure de fer, le zinc, au bout de peu de temps, était devenu magnétique, et qu'en prolongeant suffisamment l'opération à la température ordinaire, il se recouvrait d'une masse mamelonnée de fer qui, en se précipitant, entraînait du zinc; il vit

en même temps qu'il se dégagait des bulles d'hydrogène. Pour obtenir du fer exempt de zinc, il souda une lame de zinc à une lame de cuivre bien décapée; cette dernière se recouvrit d'une couche de fer qui se détacha aisément en plongeant la lame. Le fer avait une couleur blanc-bleuâtre jouissant de l'éclat métallique, particulièrement sur la surface adhérente au cuivre. Cette expérience revient à celle qui m'a servi à réduire le fer et à l'obtenir dans le même état, c'est-à-dire à l'état de cristaux, de tubercules ou de lames. La différence dans les deux méthodes consiste en ce que dans la mienne le couple cuivre et zinc est séparé par ses deux extrémités libres au moyen d'un diaphragme perméable en argile ou autre substance séparant la dissolution de fer de la dissolution d'eau salée dans laquelle plonge le zinc. Cette disposition est plus avantageuse que celle de M. Capitaine, par la raison que l'on n'a pas à craindre que le fer, en se déposant sur le cuivre, ne s'allie au zinc qui se dissout en même temps que le sel de fer est décomposé. Cette disposition permet donc d'obtenir du fer parfaitement pur.

Quoi qu'il en soit, l'expérience de M. Capitaine a prouvé qu'avec une lame de zinc plongée dans une dissolution de protochlorure de fer à la température ordinaire, on parvenait avec le temps à décomposer ce sel et à obtenir le fer à l'état métallique. Mais une dissolution quelconque de fer, comme on le verra, dans laquelle le métal est à l'état de protoxyde, éprouve les mêmes effets de la part du zinc, pourvu que l'on opère à une température convenable.

Dans mes expériences sur le traitement électro-chimique des métaux, j'avais reconnu qu'en portant la température de la solution d'eau salée à son maximum de concentration, à la température de 50 à 80 degrés, le courant électrique acquérait une intensité qui permettait de vaincre des affinités qui n'avaient pu l'être à la température ordinaire. Cet accroissement dans l'action électro-chimique pouvait être attribué à deux causes : la première, à une réaction chimique plus forte que la solution sur le zinc; la seconde, à une meilleure conductibilité de la solution, car on sait que les liquides, à l'opposé des solides, deviennent meilleurs conducteurs à mesure qu'on les chauffe, probablement parce que la chaleur, en diminuant la force d'agrégation de leurs molécules, permet au courant d'agir plus efficacement. Dans les expériences suivantes, j'ai pris en considération cette influence de la chaleur pour arriver

à la décomposition immédiate de quelques sels métalliques qui n'avaient pu l'être avec réduction de l'oxyde, ou séparation immédiate du chlore du métal.

Appliquons ceci au chlorure de cobalt ou de nickel, les résultats étant les mêmes que pour d'autres sels de ces métaux.

On prend quelques grammes de chlorure de cobalt que l'on dissout dans de l'eau, et on porte la température à celle de l'ébullition, on projette dedans du zinc très-pur en excès, en poussière, provenant de la pulvérisation du métal chauffé à une température convenable, ou bien du zinc obtenu par la décomposition électro-chimique d'un sel de ce métal; il y a aussitôt une assez vive effervescence; par la réaction du zinc sur l'eau et le chlorure, il se dégage de l'hydrogène; la couleur du zinc ne tarde pas à changer : de grise qu'elle était, elle devient noire. Quelques minutes après, on retire du feu la dissolution qui est devenue parfaitement incolore, on lave et l'on sèche; on rassemble au fond de la capsule la limaille ou la poussière métallique, à laquelle on présente l'extrémité d'un barreau aimanté; aussitôt elle est attirée et s'y attache. Le chlorure a donc été décomposé et le cobalt amené à l'état métallique. Si le zinc est en limaille, les parcelles sont recouvertes de cobalt, et agissent individuellement sur l'aiguille aimantée. Quand la poussière est très-fine, les parties sont également recouvertes de cobalt. Pour enlever le zinc, on traite par l'acide acétique étendu de deux ou trois fois son volume d'eau, à la température ordinaire; car avec l'acide sulfurique étendu, le cobalt, en raison de son grand état de division, est attaqué, comme on le voit, par la coloration en rouge de la dissolution. Le cobalt se trouve alors en poudre noire très-divisée, prenant difficilement l'éclat métallique, surtout si le zinc n'est pas pur. Dans une expérience où j'ai opéré avec 4 grammes bien sec de chlorure de cobalt, j'ai obtenu 1 gram.,26 de cobalt en poudre. La théorie indiquait 1,36. Il faut dire aussi que je n'ai pas pris dans les lavages toutes les précautions pour éviter la perte du cobalt tenu en suspension dans le liquide, puis l'acide acétique en avait dissous une petite quantité qui n'a pas été soumise à un nouveau traitement. Même résultat avec le sulfate, et probablement avec l'acétate de cobalt. Si, au lieu d'opérer avec de la poussière de zinc, on prend un cylindre de ce métal, on trouve que l'arête circulaire de la base est recouverte de petits tubercules de cobalt que l'on peut enlever avec un instrument tranchant; la surface même se cobaltise.

Les sels de nickel, traités de la même manière, m'ont conduit à des résultats semblables. Le nickel a été obtenu dans le même temps à l'état métallique en poudre impalpable, attirable à l'aimant et possédant toutes les propriétés du nickel. J'ai voulu voir jusqu'à quel point le procédé employé pourrait servir à isoler le cobalt ou le nickel du fer ou de quelques autres métaux avec lesquels il est combiné. J'ai pris 3 grammes d'oxyde de cobalt impur, retiré de la mine de manganèse cobaltifère de Nontron, et qui renfermait de petites quantités d'oxyde de manganèse et de fer; après avoir dissous cet oxyde dans l'acide chlorhydrique et avoir fait évaporer l'excès d'acide, j'ai traité par le zinc, comme il vient d'être dit. Le cobalt et le fer ont été réduits à l'état métallique, puis j'ai traité par l'acide acétique étendu qui a dissous le fer et l'oxyde de manganèse, de manière que le cobalt obtenu était sensiblement pur, si ce n'est qu'il se trouvait mélangé avec une très-petite quantité de cuivre. Dans une autre expérience où le cobalt renfermait de l'arsenic, la poussière métallique a été mise dans l'ampoule d'un appareil à réduction au moyen du gaz hydrogène; on a fait chauffer l'ampoule en y faisant passer de l'hydrogène pour éviter l'oxydation du cobalt, et l'arsenic s'est alors volatilisé; on l'a recueilli sur les parois du tube, de sorte que le cobalt était parfaitement pur. L'analyse chimique pourra tirer parti du procédé de réduction que je viens d'indiquer pour obtenir promptement le cobalt et le nickel à l'état métallique, en les séparant de plusieurs des métaux avec lesquels ils sont combinés dans la nature.

J'ajouterai encore quelque chose à ce procédé qui permet de retirer le zinc quand on n'a à sa disposition que des limailles. Lorsque celles-ci sont recouvertes de cobalt et de nickel, l'action réductive du zinc devient alors très-faible. Dans ce cas on décante, on met le zinc dans un mortier d'agate, et l'on broie afin de nettoyer les surfaces; on enlève par des lavages la poussière métallique, et l'on commence à traiter la dissolution cobaltique en nettoyant de la même manière les surfaces. De cette façon on obtient, après avoir laissé reposer les eaux de lavage, de la poudre de cobalt ou de nickel qui ne renferme que peu de zinc que l'on enlève au moyen de l'acide acétique étendu. Quand on opère avec un cylindre de zinc, ce qui présente quelquefois de l'avantage, on brosse de temps à autre la surface immergée pour enlever toute la matière pulvérulente déposée. Quand l'opération est terminée, on gratte

fortement la surface du zinc pour enlever toutes les parties pulvérulentes de cobalt que la brosse n'aurait pu détacher. Il faut, pour le succès de l'expérience, que le zinc soit aussi pur que possible, surtout privé d'arsenic et de cuivre; s'il renfermait du fer, il y aurait peu d'inconvénients.

Quand on opère vers 80 degrés, et même un peu au-dessous, l'action est alors moins tumultueuse. L'état de division du cobalt n'est plus aussi grand; aussi peut-on obtenir de petits tubercules qui prennent sous le brunissoir l'éclat métallique.

Il y a un moyen tout simple de faire réagir le zinc en poussière très-fine sur une dissolution métallique, en y faisant concourir puissamment l'électricité dégagée dans la réaction. Il suffit pour cela d'opérer dans nn vase de platine; dans ce cas, le zinc, le platine et la dissolution constituent un couple voltaïque. Le platine étant le pôle négatif, se trouve dans l'état le plus favorable pour ne pas être attaqué par les chlorures. Il ne le serait que dans le cas où l'on emploierait des sels acides ou des dissolutions dans la potasse. Hors ce cas, on n'a pas à craindre l'altération du platine. La seule difficulté serait que le métal déposé adhérât au platine.

DU DÉPÔT AVEC ADHÉRENCE DES MÉTAUX SUR D'AUTRES MÉTAUX.

Dans ce qui précède, je me suis attaché à décomposer immédiatement les sels de fer, de cobalt et de nickel au moyen du zinc à une température voisine de l'ébullition; je vais montrer maintenant comment on peut faire adhérer sur différents métaux, non-seulement les précédents: fer, nickel et cobalt, mais encore tous les autres non alcalins, à l'exception de trois ou quatre, en les plongeant à une température convenable dans une dissolution métallique aussi neutre que possible. La dorure électro-chimique, ou celle par immersion du cuivre, s'opère, comme je l'ai déjà dit, avec des dissolutions alcalines, ou du moins en possédant la réaction, la première à la température ordinaire, la deuxième à celle de l'ébullition. La dorure sur d'autres métaux, outre quelques dispositions préparatoires, ainsi que l'argenture, le cobaltisage, le nickelisage, exige également l'emploi de dissolutions, de double cyanure ou d'autres dissolutions alcalines. Dès-lors, le caractère alcalin des dissolutions employées dans les procédés nouveaux est donc bien défini. Le but que je me propose est de

démontrer que l'on peut obtenir les mêmes effets, sauf l'épaisseur que la pile seule peut donner, par des immersions dans des dissolutions neutres, à la température de 60 à 100 degrés, suivant les métaux, en s'aidant quelquefois du contact du zinc avec les métaux précipités. L'adhérence est d'autant plus grande que le décapage est plus brillant, car on n'obtient jamais autant de solidité avec le mat; avec le décapage poli, la pièce sort du bain ayant un aspect très-brillant. Cette adhérence est telle, que plusieurs dépôts métalliques supportent non-seulement le poli à la peau et au rouge d'Angleterre, mais encore celui du brunissoir d'acier. Le dépôt métallique, du reste, est analogue à celui d'or dans la dorure par immersion, c'est-à-dire que la couche de métal est excessivement mince, ce qui ne saurait être autrement, attendu que l'action réductive du métal précipitant cesse aussitôt que sa surface est recouverte par le métal précipité.

Pour mettre de l'ordre dans l'exposé des résultats que je vais présenter, je parlerai de chaque métal en particulier, du moins de ceux qui donnent les effets les mieux caractérisés, en commençant par les métaux électro-négatifs.

DES DÉPÔTS MÉTALLIQUES AVEC ADHÉRENCE, OPÉRÉS PAR IMMERSION SANS L'AIDE DU CONTACT MÉTALLIQUE.

Du dépôt de platine ou platiné.

Composition de la liqueur. — On prend une dissolution de chlorure de platine aussi neutre que possible, on verse dedans une solution concentrée de potasse pour opérer sa décomposition. On lave le précipité d'abord avec un mélange d'alcool et d'eau, puis avec de l'alcool ordinaire pour enlever l'excédant d'alcali sans dissoudre de double chlorure, ou du moins du mélange de double chlorure et de platinate de potasse. On a alors celui-ci parfaitement neutre, puisque sa solution dans l'eau distillée ne change pas la couleur du papier de tournesol rougi par un acide. Cette solution, étendue de deux ou trois fois son volume d'eau, sert à obtenir le platiné, en opérant de la manière suivante. On élève sa température de 60 à 70 degrés au plus, et on plonge dedans les objets parfaitement décapés. Ces objets deviennent d'abord ternes, s'éclaircissent peu à peu, deviennent brillants, et le platiné est alors effectué. Une minute au plus suffit pour cette opération. On retire la pièce et on sèche à la sciure. Le platine déposé a un aspect blanc argentin bril-

lant, pourvu que le décapage ait été convenable. Si l'immersion se prolongeait, la réaction de la dissolution se continuerait, lentement à la vérité, à travers les interstices moléculaires. La couche de platine déposée primitivement se détacherait çà et là. Si l'on opérait à 100 degrés, la réaction serait trop énergique, les molécules ne s'agrégeraient pas, ou du moins s'agrégeraient imparfaitement. Au-dessous de 60 degrés, le dépôt deviendrait de moins en moins cohérent, et finirait par devenir pulvérulent. Il faut bien se garder, pendant l'opération, de toucher la pièce avec un morceau de zinc, car elle deviendrait noire immédiatement. Il est indispensable d'opérer avec une dissolution parfaitement neutre, car, pour peu qu'elle manifeste la réaction alcaline, tous les effets décrits ne se produisent plus. Un léger excès d'acide, au contraire, ne peut nuire sensiblement au succès de l'opération; il est indispensable de sécher à la sciure les pièces après décapage. En voici, je crois, la raison. Le cuivre, après avoir été décapé par les acides, se recouvre, malgré les lavages, d'une couche d'oxyde excessivement mince. En séchant à la sciure, le frottement enlève cette légère couche d'oxyde, et la solution de platine exerce l'action la plus efficace sur le cuivre. Il faut éviter aussi la présence du protoxyde de cuivre qu'on enlève avec l'acide acétique.

Désirant déterminer la quantité de platine déposée par décimètre carré, j'ai fait les deux expériences suivantes.

1re *Expérience*. On a pris une lame de laiton carrée de 45 millimètres de côté; après l'avoir platinée, on l'a mise dans une capsule avec de l'acide nitrique étendu pour dissoudre le cuivre. On a obtenu ainsi une pellicule excessivement mince de platine, qui, rassemblée, séchée et pesée, a donné 0gr,0035, ce qui équivaut à 0gr,0086 par décimètre carré.

2e *Expérience*. Une lame de cuivre rouge, de 50 millim. de longueur sur 23 millim. de largeur, pesée, platinée, puis pesée de nouveau, a donné une différence de poids égale à 0gr,002. Le platine s'étant substitué au cuivre en proportion atomique, on a, en représentant par p et p' les poids du cuivre perdu et du platine déposé :

$$p' - p = 2.$$

$$p' : p :: 98{,}84 : 31{,}71,$$

98,84 et 31,71 étant les poids atomiques du platine et du cuivre. On tire de ces deux équations :

$$p' = 3.$$

Or, d'après les essais de M. d'Arcet pour déterminer le titre de l'or dans la dorure par immersion, on a :

	Au mercure.	Au trempé.
Dorure maximum. . . .	0,0353	0,421
Dorure minimum. . . .	0,0274	»

On voit par là que, dans la première expérience, la quantité de platine déposée par centimètre carré est à la quantité d'or déposée dans la dorure au minimum, comme 86 : 274, c'est-à-dire qu'il y avait trois fois moins de platine que d'or déposé, et cependant le platine se trouvait en couche uniforme et continue ; et que dans la deuxième, ce rapport est comme 123 : 274, c'est-à-dire qu'il y avait un peu moins de moitié de platine que d'or déposé. Je ferai remarquer que, dans cette expérience, la lame avait été séchée à la sciure.

On peut augmenter encore l'épaisseur du dépôt, mais on court le risque de diminuer l'adhérence. Je fais observer en outre que celle-ci varie, ainsi que l'épaisseur de la couche, avec la nature du laiton. C'est à l'industrie à rechercher les laitons qui se prêtent le mieux au platiné.

Le platiné à la pile, tel que le pratique M. de Ruolz avec une dissolution alcaline de platine, ne réunit pas encore la qualité requise, l'épaisseur ; la première couche, la couche déposée en premier lieu, est terne, elle adhère ; mais les dépôts subséquents sont pulvérulents, parce que l'action électrochimique employée ne réunit pas les conditions voulues pour que les molécules de platine s'agrègent avec celles déjà déposées. Or, comme la dissolution de platine, en raison de sa nature, est très-étendue, il faudrait employer un courant d'une très-faible intensité pour déterminer l'agrégation des molécules, car j'ai démontré anciennement que plus une dissolution métallique est étendue, moins le courant doit avoir d'intensité, pour que les molécules métalliques se déposent sur l'électrode négatif avec adhérence, ou de manière à cristalliser.

Quand on expose à l'air le cuivre platiné sortant du bain sans le sécher, et par conséquent encore humecté de la dissolution de platine, celui-ci s'altère rapidement, et les lames platinées se recouvrent des couleurs bleues et violettes les plus brillantes.

J'ai fait quelques essais dans le but de savoir jusqu'à quel point le cuivre platiné s'altérait dans de l'eau renfermant du chlorure de sodium dans des proportions voulues pour former

de l'eau de mer, qui, comme on le sait, altère rapidement le cuivre. Au bout de peu de temps, le cuivre platiné s'est recouvert d'un très-léger nuage d'oxychlorure de cuivre annonçant une faible réaction de l'eau salée sur le cuivre, à travers les interstices de platine. Au bout de trois ou quatre jours, les pièces ont été retirées et présentaient encore l'éclat du platine.

Le maillechort se platine parfaitement bien et prend même un assez beau brillant. Le fer ne se recouvre pas de platine sans une préparation préalable. J'ai employé avec avantage le platiné sur des médailles et bas-reliefs en cuivre rouge obtenus par la galvanoplastie, pour leur donner, en déposant sur leur surface des couches de peroxyde de plomb de divers degrés d'épaisseur, toutes les couleurs de bronze désirables, et produire même des effets de couleur piquants qu'il serait bien difficile d'obtenir par tout autre procédé. Ce genre de bronzage a l'avantage, sur toute autre espèce de peinture, qu'il ne dépose qu'une couche d'oxyde excessivement mince, qui ne saurait altérer en rien la finesse des traits des figures.

Je ferai observer enfin que, puisque le platiné de cuivre se revêt (quand il est humecté à l'air) des belles couleurs bleues que l'on obtient dans les premiers instants quand on les soumet à l'action d'une dissolution de plomb, au moyen de la potasse et de la pile, je ferai observer, dis-je, que les belles couleurs qui arrivent après sous l'influence de la pile, sont dues probablement, comme je l'ai déjà avancé, à la réaction d'un protoxyde de platine, d'une part sur l'oxyde de plomb, de l'autre sur l'oxyde de cuivre.

Application du palladium.

Ce que je viens de dire du platine déposé sur différents métaux s'applique en tout point au palladium, c'est-à-dire que pour recouvrir le cuivre de ce dernier métal, l'on forme un double chlorure neutre de palladium et de potassium, renfermant une proportion atomique de chaque chlorure, et on opère en se conformant aux mêmes indications.

La pièce recouverte de palladium se montre avec l'aspect du platine, peut-être un peu plus blanc, avec un brillant comparable, jusqu'à un certain point, à celui de l'argent. La quantité de palladium déposée est sensiblement la même que celle de platine dans les expériences précédentes. Comme ce métal a très-peu d'affinité pour l'oxygène, qu'il est susceptible de prendre un assez grand éclat, et que le dépôt a très-peu

d'épaisseur, il pourrait être employé dans certaines circonstances, bien que son prix fût élevé. Les objets que je mets sous les yeux de l'Académie pourront donner une idée de la beauté du cuivre recouvert de palladium.

Depôt d'iridium.

Même mode d'opération que pour le précédent. Le dépôt d'iridium paraît semblable à celui du platine, sous le rapport de la quantité de métal déposée, de la couleur et de l'éclat; cependant le peu de pièces préparées m'ont paru avoir un aspect brillant tirant sur l'acier.

Dépôt de rhodium.

Le rhodium déposé sur le cuivre rouge ou le laiton, en se conformant entièrement aux prescriptions indiquées, se comportera absolument comme le platine et les autres métaux qui l'accompagnent; les résultats sont absolument les mêmes. Quant à l'osmium, n'ayant pu me procurer un chlorure de ce métal, je n'ai pu en former des dépôts sur le cuivre; mais l'analogie porte à croire qu'il se serait déposé comme les autres métaux.

Du dépôt d'or ou dorure.

Jusqu'ici le mode d'expérimentation décrit précédemment, n'a pu produire des effets aussi nets, à beaucoup près, que ceux obtenus par le platine et les métaux qui l'accompagnent.

Du dépôt d'argent ou de l'argenté.

L'argent se prête très-facilement au dépôt avec adhérence sur cuivre et d'autres métaux, en suivant la méthode générale. On sait que le chlorure d'argent est soluble dans une dissolution saturée de sel marin, mais en très-faible proportion, puisque la quantité d'argent unie au chlore ne représente que les $^{17}/_{10000}$ du poids du sel marin employé à la température de 10 degrés. Mais le pouvoir dissolvant augmente avec la température; car, aux environs de celle de l'ébullition, il est quatre fois plus considérable : on sait encore que, lorsque l'on met une lame de fer, de zinc ou de cuivre dans de l'eau saturée de chlorure d'argent à la température ordinaire, le chlorure d'argent est décomposé, et l'argent se dépose en parties plus ou moins ténues et sans cohérence sur le métal. Les résultats que j'avais obtenus sur le platine et autres métaux me firent penser qu'à l'aide d'une température suffisante, et avec une solution saturée de chlorure d'argent et de sel marin,

on parviendrait à faire adhérer l'argent sur le cuivre. Effectivement, à la température de 70 degrés environ, on obtient un argenté mat qui prend sous le brunissoir l'éclat métallique. En opérant à la température de l'ébullition, l'argenté tire sur le noir; il est donc nécessaire de se renfermer entre certaines limites de température, qui doivent varier suivant la nature des alliages en cuivre, si l'on veut obtenir un argenté réunissant les conditions voulues. Le titre du dépôt d'argent a été déterminé de la manière suivante : On a pris une lame de cuivre rouge de 50 millimètres de long sur 23 de large; cette lame ayant été pesée avant et après l'immersion dans le bain, a présenté un excédant de poids égal à 0gr,003. Or, comme l'argent s'est substitué au cuivre en proportions atomiques, on trouve, au moyen d'un calcul précédemment indiqué en parlant du platine, que l'argenté par immersion contient 0gr0164 par décimètre carré. Le procédé que je viens de décrire, et qui est le résultat et l'application d'un principe général, a des rapports éloignés avec celui qui est employé dans quelques industries, et dont M. Dumas a donné une bonne description dans les *Annales de l'Industrie française et étrangère*, t. Ier, p. 311. Nous mettons ici ce procédé en regard de celui exposé précédemment : « Supposons que l'on ait dissous, dit l'auteur, 30 gram. d'argent dans l'acide nitrique, et que l'on ait précipité la dissolution au moyen de l'acide chlorhydrique ou du sel marin, on lavera le chlorure d'argent, et on le mêlera, encore humide, avec 2 kilog. de sel marin, 60 grammes sel ammoniac, 250 grammes de sel de verre, 60 grammes de nitrate de potasse, 2 grammes oxyde blanc d'arsenic et 125 grammes de sulfate de fer; le mélange étant fait, on décape les pièces au moyen de l'acide nitrique; celui-ci doit être assez concentré : la pièce ne doit y séjourner que quelques instants, et dès qu'elle a pris une teinte dorée très-vive, on la retire et on la lave à grande eau. La pièce étant décapée, on met dans de l'eau bouillante une petite quantité du mélange précédent : tout se dissout; et alors si l'on plonge la pièce, elle se recouvre subitement d'une couche d'argent très-brillante et sans tache ni aspérités cristallines. La partie la plus remarquable de ce procédé se trouve dans l'emploi du chlorure d'argent; le sel ammoniac et le sel de verre, qui consistent presque entièrement en chlorure alcalin, ont pour objet de rendre le chlorure d'argent soluble dans l'eau, par sa transformation en chlorure double, qui est soluble. Si le chlorure d'argent n'était pas dis-

sous, l'argent se déposerait sur le laiton sous forme d'une poudre grise, noirâtre même et toujours terne. Si l'on substituait au chlorure un sel soluble par lui-même, tel que le nitrate, le résultat serait encore plus mauvais. Il est probable que la quantité des chlorures alcalins est trop forte; mais cette circonstance est de peu d'intérêt. »

Il paraît, d'après l'opinion de M. Dumas, que le sulfate de fer, en réagissant sur le nitrate de potasse et le sel marin, met en liberté une petite quantité d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique qui produit un peu d'eau régale destinée à ramener à l'état de chlorure blanc la portion de sous-chlorure violet, qui ne tarderait pas à se produire dans le mélange par l'action de la lumière. L'oxyde d'arsenic étant réduit en même temps que le chlorure d'argent, il se dépose donc sur le laiton un sous-arseniure d'argent. Si l'on ajoutait trop d'oxyde d'arsenic, l'argent prendrait un ton plombeux. La crême de tartre n'a pour but que de décaper le laiton.

En comparant cette méthode à celle que j'ai décrite, on trouve des différences fondamentales; j'opère avec une dissolution saturée de chlorure d'argent et de sel marin, à une température à peu près fixe, tandis que dans le procédé indiqué dans les *Annales de l'Industrie*, on se sert d'une dissolution, dans l'eau bouillante, d'une petite quantité d'un mélange de double chlorure d'argent et de soude, et de différents autres sels. Seulement, dans l'un et l'autre, il faut l'emploi de la chaleur; ensuite ma dissolution est neutre, l'autre est alcaline.

Dépôts de cuivre.

Ce métal n'offre aucune difficulté pour être précipité avec adhérence sur divers métaux en employant la dissolution de double chlorure en proportion définie. On savait du reste que pour cuivrer le fer, il suffit de plonger une lame de ce métal bien décapée pendant quelques instants dans une dissolution concentrée de sulfate de cuivre, ou bien de prolonger l'immersion dans une dissolution étendue. Pour obtenir le dépôt de cuivre sur des métaux peu oxydables, il faut toucher la pièce immergée dans la dissolution de double chlorure, à une température convenable, avec un morceau de zinc plongeant également dans la dissolution.

DES DÉPÔTS MÉTALLIQUES AVEC ADHÉRENCE OPÉRÉS PAR LE CONTACT DU ZINC.

Dépôts d'antimoine.

Le cuivre se recouvre avec la plus grande facilité d'antimoine en opérant avec la solution de double chlorure, à la température de 70 à 80 degrés. Le métal déposé a un aspect gris-violacé.

Dépôts de bismuth.

Le bismuth se dépose avec assez de facilité sur les lames de cuivre, avec le contact du zinc toutefois. Le dépôt se présente avec un aspect blanc légèrement jaunâtre; il est mat et ne prend le poli que sous l'action de la brosse et du rouge d'Angleterre.

Dépôts d'étain ou étamage.

Le cuivre et le fer s'étament facilement dans le double chlorure de sodium et d'étain étendu à la température de 70 degrés. On obtient immédiatement le brillant et le mat; mais le contact du zinc est indispensable.

Une fois la couche d'étain déposée sur le cuivre, si l'on maintient le contact du zinc, il se dépose bien de l'étain, mais qui n'adhère plus; ainsi les molécules subséquentes qui arrivent ne sont plus dans les conditions voulues pour s'agréger avec celles déposées. L'étamage ainsi obtenu est satisfaisant, et peut être employé dans plusieurs industries.

Dépôts de plomb ou plombage.

Le plombage du fer peut être obtenu directement en plongeant une lame de ce métal nouvellement décapée dans une solution d'acétate de plomb; mais si l'on veut opérer le dépôt sur le cuivre avec la solution de double chlorure, il faut employer le contact du zinc, attendu que le cuivre ne jouit pas de la propriété de décomposer les sels de plomb. Bien que ce métal se dépose sur le cuivre, qui n'a aucune action sur la dissolution de double chlorure, néanmoins il n'est pas possible d'en recouvrir les métaux électro-négatifs à l'aide du contact du zinc. Cette particularité assez remarquable sera le sujet d'une discussion à la fin de ce Mémoire. Le plomb déposé n'a pas la couleur grisâtre que nous lui connaissons; quand il est en masse et que sa surface est avivée, il est blanchâtre.

Dépôts de nickel et de cobalt, ou nickelisage et cobaltisage.

Les expériences rapportées au commencement de ce Mé-

moire montrent que ces deux métaux doivent se déposer avec facilité sur le cuivre et même sur le fer, en raison de leur tendance à adhérer au zinc dans la décomposition de leurs sels à l'aide de la chaleur. La simple immersion du cuivre dans le double chlorure, soit de cobalt, soit de nickel, suffit bien pour ramener ces deux métaux à l'état métallique; mais la couche de métal déposé a peu d'adhérence. En touchant avec un morceau de zinc effilé, le métal déposé devient brillant et très-adhérent; la couche y adhère assez fortement pour supporter le bruni, soit au rouge d'Angleterre et à la peau, soit au brunissoir.

L'éclat est à peu près celui de l'argent. Il est difficile de distinguer à la couleur le nickel du cobalt. Les pièces recouvertes ne réagissent pas sur l'aiguille aimantée, même sur celle soustraite à l'action du magnétisme terrestre. Cet effet négatif ne peut provenir que de deux causes : ou le métal déposé est réparti en couche trop mince pour réagir sur l'aiguille aimantée, ou bien l'adhérence sur le cuivre constitue un alliage dans lequel les propriétés physiques du métal déposé sont modifiées. Une preuve que la couche est dans un état particulier, c'est que, bien que ses parties aient adhéré les unes aux autres par suite de leur action sur le cuivre, néanmoins les molécules qui arrivent en employant le simple contact du zinc ne peuvent plus s'agréger. L'action exercée par le cuivre modifierait donc les propriétés physiques du métal déposé. Le zinc ne doit toucher qu'en quelques points, car si la surface de contact a une certaine étendue, la pièce devient noire, surtout dans les environs du point de contact. C'est un motif pour éviter le contact immédiat du zinc; on y parvient en faisant communiquer celui-ci avec le cuivre par l'intermédiaire d'un fil de cuivre.

Si l'on veut employer directement le contact, il faut toucher le revers de la surface que l'on veut recouvrir. J'ai dit que la couche métallique ne réagissait pas sur l'aiguille aimantée; mais on peut donner à la couche de métal déposé une épaisseur suffisante pour que la réaction soit bien manifeste. J'en parlerai quand je montrerai jusqu'à quel point il est possible de se servir des dissolutions de double chlorure chauffées de 60 à 80 degrés pour augmenter l'épaisseur des dépôts.

Je ferai remarquer encore que, pour le nickel comme pour le cobalt, les effets de dépôt varient avec la nature du laiton; qu'il y en a qui donnent les effets les plus satisfaisants, tan-

dis qu'il y en a d'autres qui résistent fortement au dépôt; ce sont ceux qui renferment une plus grande proportion de zinc. Quant au cuivre rouge, il est toujours employé avec avantage. Quand le cuivre ne se recouvre pas également, ce qui est dû à l'imperfection du décapage, il faut toucher toutes ses parties avec une pointe de zinc ou un morceau de zinc effilé; on obtient par ce moyen un dépôt uniforme. Pour le cobalt et pour le nickel, il faut opérer dans les conditions d'une température voisine de l'ébullition.

Dépôts de fer.

D'après ce que je viens de dire des métaux oxydables, tels que les deux précédents, dans la précipitation avec adhérence, on concevra que le fer doive se comporter de la même manière, c'est-à-dire se déposer sur le cuivre et probablement sur d'autres métaux, par le contact du zinc. L'expérience a confirmé pleinement cette prévision. Le fer déposé sur le laiton affecte la couleur qui lui est propre.

Étamage du fer et du cuivre.

Le cuivre et le fer se recouvrent facilement d'étain de manière à donner un bon étamage. On opère comme pour les autres métaux. C'est une des opérations les plus satisfaisantes.

De l'intervention des courants plus ou moins intenses pour opérer les dépôts métalliques.

On a vu que la décomposition des doubles chlorures par immersion, à une température convenable, avec dépôt immédiat et adhérent du métal, pouvait s'opérer des deux manières, soit en plongeant seulement la lame de métal destinée à recevoir le dépôt dans une dissolution de double chlorure neutre à une température qui variait de 60 à 100 degrés ou aux environs, suivant la nature du métal, soit quand celui-ci n'était pas assez oxydable pour décomposer la solution en s'aidant du zinc. On conçoit parfaitement que si l'on veut employer l'action d'un appareil électro-chimique composé de plusieurs couples, afin de donner une épaisseur au dépôt métallique, les effets varieront dans ces deux cas. Dans le premier, il pourra arriver, et c'est ce qu'on observe le plus fréquemment, que le métal servant d'électrode négatif, ne soit pas rendu par l'action du courant assez électro-négatif pour que la dissolution n'agisse pas sur lui. Dans ce cas, le contre-courant résultant de cette réaction l'emportera sur celui de la pile, et l'on

obtiendra à peu près les mêmes effets que si le métal précipitant fût resté dans la solution. C'est ce qui arrive à l'égard du cuivre, par rapport à la dissolution du double chlorure de platine et de potasse, et des dissolutions de palladium, de rhodium, d'iridium et de plusieurs autres. Il n'en est pas de même dans le second cas, attendu que le métal servant d'électrode négatif n'est pas attaqué par la dissolution, et se recouvre d'une couche métallique par le simple contact du zinc; il s'ensuit *à fortiori* que si l'on emploie, au lieu du courant résultant de ce contact, l'action provenant de plusieurs couples, le dépôt augmentera nécessairement d'épaisseur. C'est ce qu'on observe avec les dissolutions de cobalt, de nickel, d'antimoine, relativement au cuivre et à d'autres métaux sur lesquels les métaux qui entrent en dissolution se déposent avec adhérence par le contact seul du zinc. On a pris une lame de cuivre dont voici le poids et les principales dimensions :

Poids.	17,150
Longueur.	50 millimètres.
Largeur.	20 millimètres.
Surface en millimètres carrés. . .	1,150

Cette lame, mise en relation avec le pôle négatif d'un appareil voltaïque composé de six couples et fonctionnant avec de l'eau légèrement acidulée par l'acide sulfurique, a été plongée dans une dissolution étendue de double chlorure de nickel et de sodium, semblable à celle dont on avait fait usage précédemment. Ce circuit a été fermé avec un fil de platine en relation avec le pôle positif. Cinq minutes après, la lame a été retirée de la dissolution, lavée, séchée et pesée; on a trouvé un accroissement de poids de 3 milligrammes. La lame agissait alors sur l'aiguille aimantée; remise de nouveau en expérience pendant cinq minutes, on a trouvé un nouvel accroissement de 4 milligrammes; en tout, pendant dix minutes, 7 milligrammes; ces 7 milligrammes étaient répartis sur une surface de 2300 millimètres carrés, c'est-à-dire qu'il y avait à peu près 3 centigrammes de nickel par décimètre carré. Les sels de cobalt ont donné sensiblement les mêmes résultats.

Le cuivre, qui décompose, comme on sait, la dissolution de chlorure d'argent avec adhérence de la couche métallique, a été le sujet d'une expérience. Une lame de 50 millimètres de longueur et 23 de largeur a pris, sous l'influence du courant, 0gr,004, résultat qui annonce qu'il s'est déposé environ 0gr,016 par décimètre carré.

Avec le cuivre rouge et une solution de double chlorure d'étain et de sodium, on a obtenu, pour une surface de 2300 millimètres carrés, un accroissement de poids de 8 milligrammes en dix minutes, ce qui donne $0^{gr},0328$ d'étain par décimètre carré.

Le fer ne s'est recouvert, dans le même temps, que de $0^{gr},025$ d'étain.

CONCLUSIONS.

Dans le procédé que je viens de décrire, il y a trois choses essentielles à considérer : la composition de la liqueur dans laquelle entrent un chlorure alcalin et un chlorure métallique en proportion atomique égale; la température de la dissolution; l'adhérence du métal précipité, qui cesse d'avoir lieu quand la couche a une certaine épaisseur, bien qu'on l'aide de l'action voltaïque résultant du contact des pièces avec le zinc. Comment se fait-il qu'une double combinaison opère plus facilement la décomposition du sel métallique avec adhérence du métal déposé, qu'en employant une dissolution métallique simple? Pour répondre à cette question, il faut partir de ce point, que le chlorure métallique étant combiné avec le chlorure alcalin, a perdu déjà une portion de ses affinités; d'où il suit que son action étant moins forte sur le métal précipitant, les molécules du métal précipité ne se précipitent plus aussi tumultueusement que si l'on opérait avec la dissolution simple. En outre, les dissolutions de chlorure alcalin augmentent le pouvoir conducteur pour l'électricité des dissolutions métalliques; ce qui contribue à donner encore une nouvelle énergie aux actions électro-chimiques.

L'action de la chaleur a déjà été examinée au commencement de ce Mémoire; je résumerai donc ici ce que j'en ai dit.

L'accroissement de chaleur augmente le pouvoir conducteur et favorise la décomposition en dilatant les corps, et permet aux molécules déposées de s'introduire un peu plus profondément dans les interstices moléculaires.

Les causes de l'adhérence, dans cette circonstance, sont les mêmes que celles qui président à la combinaison du métal précipitant avec le métal précipité; la force d'agrégation propre aux molécules du métal précipité n'y contribue en rien, car les nouvelles molécules qui arrivent, quand la surface est reconverte, ne peuvent s'agréger entre elles. Ces causes sont tellement identiques avec celles qui produisent la combinaison, que, si la cohésion n'y mettait obstacle, cette

combinaison s'effectuerait par la raison que les états électriques des éléments en présence sont les mêmes que si elle devait avoir lieu.

Je me suis attaché dans ce Mémoire à traiter de la manière la plus générale le dépôt d'un métal non alcalin sur les métaux, en m'aidant quelquefois de l'action voltaïque. Cette question présente de l'intérêt, non-seulement sous le rapport des actions moléculaires, mais encore sous celui des applications aux arts; quant à l'intervention de l'action voltaïque, elle est souvent déterminable, comme on en a un exemple à l'égard du cuivre par rapport à la dissolution de cobalt, de nickel. Dans ce cas, le cuivre étant le pôle négatif, on aurait pu croire que l'action était uniquement produite par l'action chimique de l'électricité dégagée dans la réaction de la solution sur le zinc; mais le manque de cohérence des molécules de métal déposé, quand la couche a une certaine épaisseur, montre évidemment que, dans les premiers instants du dépôt, l'action du cuivre pour le cobalt ou le nickel, bien qu'existante, n'est pas assez forte pour décomposer la dissolution de ce dernier métal; elle suffit cependant pour l'opérer et produire un dépôt adhérent par le contact du zinc. Ce que je dis des dépôts de cobalt, de nickel, a également lieu à l'égard de l'antimoine, etc. C'est dans l'étude des phénomènes de ce genre qu'on peut le mieux étudier les rapports si nombreux, si variés, si intéressants, qui lient les affinités et les forces électriques, rapports qu'on ne doit jamais perdre de vue dans toutes les opérations de chimie où trois corps sont en présence; car il peut en résulter, si l'on tire parti des effets électriques produits dans cette circonstance, une nouvelle énergie dans l'action des forces chimiques dont on ne faisait usage jadis que dans quelques cas particuliers, et qui aujourd'hui est mise à profit dans les actions chimiques et les actions moléculaires en général, comme la chaleur, un des auxiliaires les plus importants des affinités.

Je terminerai enfin ce Mémoire en faisant remarquer que tous les faits qui y sont rapportés reposent sur un principe simple, c'est-à-dire l'emploi des doubles chlorures métalliques et alcalins parfaitement neutres à une température qui varie de 60 à 100 degrés. Ce principe est fécond en applications, puisqu'il s'étend à peu près à tous les sels métalliques non alcalins. Si je n'ai pu donner la loi qui lie tous les phénomènes, j'ai présenté du moins le principe général sur lequel elle re-

pose; une loi enchaîne à la vérité les faits, et en dernière analyse les résume tous; mais le principe est le point de départ des recherches qui conduisent à sa découverte. L'étude des principes doit donc précéder celle des lois, aussi c'est celle qui m'a préoccupé.

Dans un autre Mémoire j'examinerai l'action qu'éprouvent, dans les mêmes conditions où j'ai opéré, tous les métaux à l'égard des dissolutions de titane, de chrôme et d'urane, ainsi que la formation des alliages avec ou sans l'influence du contact métallique.

ADDITION AU MÉMOIRE SUR LA PRÉCIPITATION DES MÉTAUX PAR D'AUTRES MÉTAUX, PAR M. BECQUEREL.

Sur l'argenture électro-chimique.

Dans mon dernier Mémoire, relatif à la précipitation des métaux avec adhérence, j'ai dit que si l'on voulait employer l'action d'un appareil voltaïque, composé d'un certain nombre de couples, pour donner de l'épaisseur au dépôt, les effets devaient varier, suivant que le métal était plus ou moins attaqué; qu'il pouvait arriver que si le métal précipitant était trop fortement électro-positif, le courant provenant de quelques couples ne fût pas suffisamment énergique pour le rendre assez électro-négatif, afin que la dissolution ne pût pas réagir directement sur lui; mais qu'il n'en était pas de même pour quelques métaux, comme le cuivre, par exemple, à l'égard des doubles chlorures de cobalt et de nickel, lesquels exigent, pour être décomposés, le contact du zinc. Depuis la lecture de mon Mémoire, je me suis attaché à rechercher quels étaient les métaux qui jouissaient de la propriété, avec la dissolution dont je faisais usage, de recevoir des dépôts métalliques d'une certaine épaisseur au moyen des appareils électro-chimiques. J'ai commencé par les dépôts d'argent sur le cuivre, particulièrement le laiton, et comme l'argenture préoccupe beaucoup aujourd'hui l'industrie, j'ai pensé qu'il serait agréable à l'Académie de connaître les résultats satisfaisants auxquels je suis parvenu. Voici la marche que j'ai adoptée à l'égard des pièces de laiton de bijouterie. Ces pièces, après avoir été dérochées et décapées, brillant avec tout le soin possible, sont plongées, pendant quelques minutes, dans le bain bouillant de double chlorure d'argent et de sodium en solution concentrée aussi claire que possible. Aussitôt que la surface est argentée blanc mat, on la met en communication avec le pôle

négatif d'un appareil composé de sept à huit couples, en fermant le circuit avec une lame d'argent plongeant dans le même bain et en relation avec l'autre pôle; on laisse continuer l'action décomposante du courant pendant le temps nécessaire pour que le dépôt ait une épaisseur convenable : un quart-d'heure suffit ordinairement, comme on le verra ci-après. Il faut avoir soin d'agiter la pièce pour éviter que le sel n'adhère à la surface. Il faut aussi que les pièces ne touchent pas au fond du vase, qui, pouvant s'échauffer plus de temps à autre, altérerait l'argenture. Cette précaution doit être encore prise, par le motif que l'on réduirait le chlorure d'argent en excès, et qui n'est pas dissous; de sorte que la lame se recouvrirait d'argent métallique pulvérulent. L'opération terminée, on retire les pièces de l'eau; on lave et on sèche à la sciure. Si l'on opère en plein jour, il arrive fréquemment que la pièce jaunit sensiblement en la retirant du bain pour la laver et la sécher, ce qui ne peut être dû qu'à la formation d'une petite quantité de chlorure d'argent. On évite cet inconvénient en opérant, non pas dans l'obscurité, mais dans un demi-jour. Je dois indiquer une cause qui tend à altérer la beauté de l'argent : lorsque l'on argente une pièce de cuivre par immersion, la solution prend nécessairement du chlorure de cuivre en échange du chlorure d'argent; de sorte qu'après un certain temps, lorsqu'il y a une certaine quantité de cuivre dans la dissolution, le courant dépose non-seulement de l'argent, mais encore du cuivre. Il suffit, pour éviter cet inconvénient, d'avoir deux bains bouillants, l'un servant à l'immersion, l'autre à l'emploi de la pile.

J'ai dit que l'on employait l'action de cinq ou six couples; mais, si l'on s'aperçoit que le précipité n'a que peu ou point d'adhérence, il arrive qu'en diminuant le nombre on obtient une intensité de courant qui détermine l'agrégation des molécules. On parvient quelquefois au même but en variant la température. On doit toujours en agir ainsi quand on opère sur des alliages dont on ne connaît pas bien la composition. Si l'on remplace l'électrode en platine par un autre en argent, il n'est plus nécessaire d'employer autant de couples, par la raison que l'argent étant attaqué, l'électricité circule plus facilement. On y trouve encore l'avantage d'avoir toujours une solution au maximum de saturation de chlorure d'argent.

Voici les résultats de deux expériences qui montreront la

quantité d'argent qui peut être déposée dans un temps donné, avec quelques couples voltaïques seulement. On a pris une lame de laiton de 3 centimètres de long sur 2 de large, et présentant une superficie de 12 centimètres carrés; pesée avant et après l'opération, elle a donné une augmentation de poids de 2 milligrammes. La différence entre le poids de l'argent déposé et celui du cuivre enlevé était donc dans le rapport de $0^{gr},016$ par décimètre carré. Cette pièce a été soumise ensuite à l'action d'un courant provenant de neuf couples et pendant 10 minutes. L'augmentation de poids a été de $0^{gr},005$. Cette fois il n'y avait pas eu perte de cuivre comme la première, où l'on avait argenté par immersion. Il s'est donc déposé près de $0^{gr},05$ d'argent par décimètre carré.

On a fait une autre expérience avec une lame ayant $0^{m},054$ de long sur $0^{m},026$, présentant une superficie de 28 centimètres pour les deux faces. Après l'avoir argentée par immersion, on l'a soumise à l'action de neuf couples, en opérant dans les mêmes circonstances; de deux en deux minutes la lame était retirée du bain, lavée, séchée et pesée. Voici les augmentations de poids obtenues dans sept expériences :

NUMÉROS des expériences.	DURÉE de l'immersion.	POIDS de l'argent déposé.
	minutes.	grammes.
1	2	0.011
2	2	0.013
3	2	0.008
4	2	0.010
5	2	0.009
6	2	0.008
7	2	0 007
	Total. . . .	0.066

On voit par ces résultats, que, dans l'espace de 14 minutes, sur une surface de $28^{cent.},08$, il s'est déposé $0^{gr},066$ d'argent, c'est-à-dire $0^{gr},23$ par décimètre carré; d'où l'on conclut que la couche d'argent a $0^{mil.},23$ d'épaisseur à la surface

de la lame. Si l'on eût prolongé l'expérience, il est certain que l'épaisseur se serait augmentée en raison du temps. Si l'on jette les yeux sur le tableau, on voit que la quantité d'argent a été en diminuant, et qu'elle n'est pas proportionnelle au temps, quand le courant a une force sensiblement constante. Je dois faire observer que la lame étant continuellement en mouvement dans le bain, tantôt au milieu, tantôt sur les bords, il pouvait très-bien se faire que la température ne fût pas partout la même, et que dès-lors l'action du courant ne fût pas identique dans tous les instants.

Pour m'assurer si les pièces argentées par la méthode que j'ai décrite réunissaient les qualités exigées par le commerce, j'ai prié M. Mourey de faire donner à ses ouvriers un certain nombre de pièces, sans leur dire comment elles avaient été argentées, afin de les brunir et leur faire subir toutes les préparations ordinaires. Ces pièces ont résisté à toutes les épreuves et préparations d'usage ; entre autres l'espèce de mise en couleur de M. Mourey, laquelle consiste à tremper la pièce dans une dissolution de borate de soude, et à l'exposer ensuite à une température suffisante pour opérer la fusion aqueuse. Par ce moyen, on dissout probablement le sous-chlorure, et en général les sous-sels métalliques. Je dois faire remarquer que tous les alliages de cuivre ne se prêtent pas aussi bien que le laiton de la bijouterie au mode d'argenture dont il est question, principalement ceux qui renferment une forte proportion de zinc, parce qu'alors cet alliage devient assez fortement électro-positif. Cet état pourrait être vaincu en employant un courant plus énergique que celui dont je me suis servi. On peut encore, dans quelques cas, obtenir de bons résultats au moyen d'un expédient que je vais indiquer.

Lorsqu'un morceau de cuivre, parfaitement poli et décapé, est platiné par immersion d'après les indications de mon dernier Mémoire, ce platine est très-uniforme et a un beau brillant; mais, si l'on touche la pièce avec des doigts humides, les parties touchées se recouvrent d'une couche très-faible de couleur roussâtre, que l'eau acidulée par l'acide acétique enlève immédiatement, et la surface reprend son éclat. Cette couleur roussâtre ne peut provenir que de l'oxydation du cuivre par les interstices moléculaires de platine; car l'on sait que le dépôt de ce métal constitue un véritable réseau. L'oxydation du cuivre, dans ce cas, est d'autant plus rapide qu'il constitue avec le platine un couple voltaïque; de sorte qu'il est plus attaqué que si ce contact n'avait pas lieu.

J'ai pensé que, si l'on plongeait du cuivre platiné dans une dissolution bouillante de sel marin et de chlorure d'argent qui sert à argenter, le cuivre devait être alors plus attaqué par le chlorure d'argent que s'il n'était pas en contact avec le platine. Il en résulte deux choses par l'action des couples voltaïques cuivre et platine : le chlorure d'argent est décomposé; l'argent se dépose sur le platine, et s'étend peu à peu au-delà, de manière à remplir les interstices; il s'ensuit que, quand la dissolution d'argent ne peut plus réagir sur le cuivre, parce que les interstices moléculaires sont fermés, l'action décomposante cesse; la pièce lavée et séchée n'éprouve plus ensuite aucune altération. L'argenture obtenue par immersion, à l'aide de ce moyen, offre une qualité essentielle, une forte adhérence, car elle supporte l'action du brunissoir.

La quantité de platine déposé est tellement minime, que l'industrie ne devra pas être arrêtée par l'opération préliminaire avant de l'argenter. Et en effet, quand on songe que, par décimètre carré, il ne se dépose pas 3 ou 4 centigrammes de platine, dont le prix est de moins de 1 franc le gramme, on voit que le centigramme ne revient qu'à 1 centime.

Ainsi, la dépense du platine pour argenter après platiné ne doit pas arrêter. Certaines pièces de laiton, en raison de la quantité de zinc qu'elles renferment, ne peuvent pas être ou ne sont que difficilement argentées par immersion; et, dans ce cas, l'action d'un courant ne peut être employée, même à l'égard de certains laitons résistants. Dans ce cas, l'argenture après platiné est apte à recevoir des dépôts ultérieurs d'argent par l'action d'un courant.

Les détails que je viens d'exposer dans cette note, suffiront aux personnes qui voudront s'occuper du dépôt d'argent sur laiton avec épaisseur.

Je mentionnerai encore quelques faits relatifs à l'argenture du maillechort, que j'ai observés. Quand on plonge cet alliage dans une solution bouillante saturée de chlorure d'argent et de chlorure de sodium, il se blanchit, et l'argent ne tarde pas à se détacher; mais il n'en est plus ainsi quand on emploie l'action de quelques couples voltaïques pour opérer, de concert avec l'alliage, la décomposition du chlorure d'argent.

Dans ce cas, l'alliage, étant moins électro-positif, agit moins tumultueusement, et l'argent adhère alors plus fortement. On peut, au moyen d'immersions successives, lavant et séchant chaque fois à la sciure de bois, augmenter la couche

d'argent déposée. Dans une expérience où j'ai opéré avec une lame de maillechort de 51 millimètres de longueur sur 20 millimètres de largeur, j'ai déposé $0^{gr.},02$ d'argent, ou environ $0^{gr.},2$ par décimètre carré. La couche d'argent est mate; elle prend le poli au rouge d'Angleterre, mais elle ne résiste pas au brunissoir. En ployant les lames à plusieurs reprises, l'argent se détache en lamelles, ce qui est une conséquence de ce que l'argenture ne résiste pas à l'action du brunissoir.

Avec quelques précautions, le fer peut être argenté, mais sans qu'il soit possible de donner de l'épaisseur, au moyen de la pile, à la couche d'argent déposée. Une des précautions à prendre, est que l'immersion ne soit que de très-courte durée, même en s'aidant de l'action voltaïque. Je crois, cependant, qu'on pourrait arriver à rendre ce métal assez électro-négatif pour que la couche d'argent eût de l'épaisseur et qu'elle adhérât.

Pour réussir dans toutes les opérations qui ont été indiquées dans le cours de cet ouvrage, il est essentiel d'employer des produits chimiques parfaitement purs : il faut donc se les procurer chez des fabricants qui méritent toute confiance. Sous ce rapport, nous nous ferons un plaisir d'indiquer aux amateurs ceux dont les noms suivent :

M. Emile Rousseau et Cie, *rue de l'École de Médecine*, 9.

Robiquet Boyveau et Pelletier, *rue des Francs-Bourgeois-St.-Michel*, 8.

Hédouin, *rue St.-Merry*, 9.

TRAITÉ COMPLÉMENTAIRE

DE

DAGUERRÉOTYPIE,

CONTENANT

TOUS LES PERFECTIONNEMENTS QUI ONT ÉTÉ PUBLIÉS RELATIVEMENT A CET ART DEPUIS SA DÉCOUVERTE; LA DESCRIPTION ET L'USAGE DES NOUVEAUX APPAREILS; ET DES NOTES DÉTAILLÉES SUR L'EMPLOI DES SUBSTANCES ACCÉLÉRATRICES, SUR LES PORTRAITS DAGUERRIENS ET SUR LES PAPIERS PHOTOGÉNIQUES.

Par E. de VALICOURT.

AVERTISSEMENT.

Dès son apparition, la belle découverte de M. Daguerre a excité l'étonnement et l'admiration des savants de tous les pays, et la perfection même des premiers produits du daguerréotype semblait exclure l'idée de progrès ultérieurs. Cependant, aujourd'hui que cet art nouveau compte à peine quelques années d'existence, il s'y est introduit d'immenses perfectionnements, et l'on est arrivé à des résultats que M. Daguerre lui-même n'aurait pas osé prévoir. C'est ainsi que les épreuves du daguerréotype, qui, dans le procédé primitif, exigeaient plusieurs minutes d'exposition dans la chambre noire, sont obtenues aujourd'hui en quelques secondes, grâce à l'emploi des substances accélératrices. Ce succès, pour ainsi dire fabuleux, même dans notre siècle si fécond en merveilles, on le doit à la généreuse munificence du gouvernement français, qui, en livrant à la publicité le procédé de M. Daguerre, a permis aux savants et aux hommes pratiques de venir joindre le tribut de leurs lumières et de leurs travaux à la découverte de l'inventeur.

Si, au contraire, le daguerréotype était resté le partage exclusif d'un monopole protégé par le mystère d'un brevet d'invention, il serait encore dans son enfance, et les perfectionnements qui sont venus centupler le prix de la découverte de

M. Daguerre auraient sans doute été perdus pour la science (1). Mais aujourd'hui cet admirable instrument est entre les mains de tout le monde; chacun est appelé à lui faire faire de nouveaux progrès, et qui oserait affirmer que, dans un temps qui n'est peut-être pas éloigné, on n'arrivera pas à la solution du grand problème de la reproduction de la nature avec toutes ses couleurs? Qui pourrait dire que le papier ne sera pas substitué, un jour, aux plaques métalliques? Qui sait si la chimie ne découvrira pas une substance assez sensible pour produire des images dans une demi-obscurité ou par un clair de lune?

La possibilité de faire les portraits au moyen du daguerréotype, regardée dans l'origine, par l'inventeur, comme une idée à peine réalisable, n'est-elle pas devenue aujourd'hui un fait incontestable? Et qui n'a pas vu et admiré les inimitables épreuves de MM. Foncault, Thiesson, Choiselat et Ratel, Plumier, Bord et Bisson? Qui ne s'est pas arrêté avec complaisance devant ces belles épreuves apportées d'Angleterre par notre compatriote M. Claudet?

Les succès obtenus en si peu de temps par la daguerréotypie sont un sûr garant de ceux qu'elle obtiendra encore; et comment n'en serait-il pas ainsi d'un art devenu si populaire, et où chacun est appelé à devenir inventeur? C'est donc à la publicité à stimuler le zèle des novateurs en leur présentant l'ensemble complet des découvertes déjà faites. Nous savons bien que déjà tous les perfectionnements apportés au daguerréotype ont été décrits; mais ces publications, disséminées dans des recueils scientifiques peu répandus, ou dans des brochures dont le but principal est de servir de *réclame* aux maisons qui les publient, sont insuffisantes pour l'avancement de la science. Il fallait donc réunir tous ces documents épars en un travail d'ensemble, où le lecteur pût embrasser d'un

(1) Nous dirons, à l'appui de cette opinion, que tous les perfectionnements apportés au daguerréotype ont été inventés en France, où l'exploitation du procédé est libre.

seul coup-d'œil toutes les modifications successivement apportées au procédé primitif de M. Daguerre. Complètement étranger aux rivalités commerciales qui ont engagé certains publicistes à vanter leurs propres découvertes ou leurs produits, trop souvent aux dépens de leurs confrères, nous examinerons avec impartialité tous les procédés nouveaux adoptés dans la photographie, réservant à chacun la part de mérite qui lui revient dans ces découvertes.

En publiant ce traité, nous n'avons eu aucune prétention au titre d'inventeur. Qu'on ne s'attende donc pas à y trouver de ces innovations trop souvent hasardées, et basées sur de pures idées spéculatives. Mais recueillir et présenter dans un ordre didactique les procédés nouveaux qui ont reçu la sanction de l'expérience; éliminer ceux que la pratique a condamnés, c'était épargner aux photographistes des essais et des tâtonnements inutiles, leur éviter de nombreuses déceptions, et aplanir la voie à ceux qui débutent dans la carrière. Tel a été le but que nous nous sommes efforcé d'atteindre.

Les substances accélératrices, cet écueil si fréquent où viennent se briser les efforts des photographistes, ont été de notre part l'objet de nombreuses recherches et d'expériences faites avec un soin tout particulier. Grâce à la bienveillante coopération de nos amis, nous avons pu offrir à nos lecteurs des formules précises, au moyen desquelles ils pourront préparer eux-mêmes toutes ces substances. Sans nous passionner pour ou contre telle ou telle de ces substances, nous exposons sans engouement et sans partialité les qualités et les défauts qui sont propres à chacune d'elles. Ainsi dégagée de ces mystérieux *arcanes*, trop longtemps exploités par un avide empyrisme, la science pourra désormais marcher d'un pas assuré, et le succès ne sera plus livré aux chances capricieuses du hasard.

Les modifications apportées au daguerréotype peuvent se diviser en quatre classes: la première comprendra les perfec-

tionnements introduits dans la partie optique ou mécanique de la chambre noire; la seconde aura pour objet les innovations apportées dans les cinq opérations qui constituent le procédé de M. Daguerre, ou dans les appareils qui servent à ces opérations; la troisième indiquera la méthode pour faire les portraits; la quatrième traitera des images photographiques obtenues sur papier, et des autres objets qui intéressent la photographie en général.

Encore bien que la photographie sur papier n'ait, jusqu'ici, donné que des résultats imparfaits, nous croyons devoir appeler sur ce dernier point toute l'attention des expérimentateurs. Celui qui parviendra à résoudre d'une manière complète le problème de la reproduction des images sur papier, aura rendu un immense service à la photographie, en la débarrassant du bagage incommode et dispendieux des plaques métalliques.

Quoique le nom de Photographie donné au nouvel art soit plus scientifique et sonne mieux à l'oreille que celui de daguerréotypie, nous avons cru devoir conserver cette dernière dénomination à notre traité. Il rappelle le nom de l'inventeur, et le public n'est déjà que trop disposé à oublier les hommes qui se signalent par des découvertes utiles.

TRAITÉ COMPLÉMENTAIRE

DE

DAGUERRÉOTYPIE,

CONTENANT

TOUTES LES DÉCOUVERTES LES PLUS RÉCENTES (1).

LIVRE PREMIER.

DES MODIFICATIONS APPORTÉES A LA CHAMBRE NOIRE DE M. DAGUERRE.

CHAPITRE PREMIER.

MODIFICATIONS A LA PARTIE OPTIQUE DU DAGUERRÉOTYPE.

Importance d'un bon objectif, 1. — Ses qualités, 2. — Proportions entre le foyer de l'objectif et les dimensions de la plaque, 3. — Foyers raccourcis, 4 — Objectif à deux verres, improprement dit allemand, 5. — Choix d'un objectif, 6. — Des diaphragmes, 7. — Epreuves redressées, moyens de les obtenir; — glaces parallèles; — prisme, 8. — Appareil Lecchi, 9.

1. L'objectif est sans contredit la partie la plus importante du photographe, aussi l'a-t-on nommé à juste titre l'âme de l'appareil. C'est donc vers le choix d'un bon objectif que doit se diriger toute l'attention de l'amateur, car il aurait beau s'astreindre à toutes les autres conditions du procédé, il ne fera jamais de bonnes épreuves sans un objectif irréprochable.

(1) Le travail de *MM. Daguerre et Niepce* se trouve à la page 271 du *Manuel de Chimie amusante*, édition de 1842, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

Mais comme ce n'est qu'à la longue, et après de nombreuses expériences, que l'on peut s'assurer des qualités d'un objectif, il est important de se le procurer chez un opticien dont la réputation soit telle qu'elle lui impose l'obligation de ne livrer au commerce que des produits parfaits. Combien de personnes ne se sont-elles pas, dès l'abord, dégoûtées de la photographie, parce qu'ayant acheté au hasard un daguerréotype tel quel, leurs épreuves se ressentaient nécessairement des vices de construction de l'objectif!

C'est surtout en photographie que l'on peut appliquer le proverbe : *Il n'y a rien de plus ruineux que les bons marchés.* Qu'on ne se laisse donc pas séduire aux annonces mensongères de charlatans qui s'intitulent fabricants de daguerréotypes, alors qu'ils ne possèdent pas même les premières notions de l'optique. Nous avons vu de ces prétendus fabricants, dont les ateliers n'ont jamais existé, pousser l'effronterie jusqu'à recruter sur les quais les plus mauvais verres de lorgnettes et de lanternes magiques pour les adapter à des photographes. Les plus consciencieux se procurent à vil prix des objectifs de rebut chez les opticiens de troisième ordre, et chaque jour les amateurs trop confiants se trouvent victimes de ces spéculations éhontées. Au bout de quelque temps, on s'aperçoit qu'au lieu d'un photographe on a acheté une boîte de bois enrichie d'un morceau de verre. Il faut alors se procurer un nouvel appareil, et l'on a manqué le double but qu'on se proposait : la réalisation d'une économie et la possibilité de faire des épreuves. Qu'on ne se figure pas que ces lignes soient empreintes d'exagération ; nous pourrions citer plusieurs de nos amis qui ont passé par toutes ces tribulations ; n'est-ce donc pas assez d'avoir à surmonter toutes les difficultés d'un art aussi délicat que la photographie, sans mettre encore contre soi les chances désastreuses d'un mauvais appareil !

2. Tout le monde sait que l'objectif du daguerréotype doit être achromatique, et, par conséquent, composé de flint-glass et de crown-glass. Nous n'insisterons pas sur ce point qui intéresse exclusivement le constructeur ; mais comme chacun aime à connaître les instruments qu'il emploie et à pouvoir en raisonner ; comme il importe d'ailleurs de pouvoir choisir soi-même en connaissance de cause un appareil approprié aux effets qu'on attend de lui, nous allons faire connaître les modifications qui ont été faites à l'objectif normal de M. Daguerre.

3. Lorsque ce savant publia son admirable découverte, il fixa lui-même les dimensions de son objectif, et les présenta comme le résultat de ses expériences pendant plus de dix ans. Ces règles furent acceptées d'abord comme des lois dont il n'était pas permis de s'écarter. Plus tard, lorsqu'on voulut faire plus grand ou plus petit, il fallut recourir à la théorie pour fixer les dimensions de l'objectif des nouveaux appareils, et l'on trouva que la règle fixée par M. Daguerre se trouvait d'accord avec cette théorie. M. Buron, un de nos opticiens qui se sont le plus occupés de la construction du daguerréotype, a posé la formule des rapports des dimensions du foyer de l'objectif avec celles de la plaque. Selon lui, *la plus grande dimension de la plaque doit être la moitié du foyer de l'objectif.* Il ajoute que : *le diamètre de l'ouverture qui admet les rayons lumineux doit être environ du septième de ce foyer* (1).

Ces deux règles doivent toujours être présentes à l'esprit des expérimentateurs, car si l'on exige d'un appareil plus qu'il ne peut produire, on devra s'imputer à soi-même de n'avoir pas réussi. Quels que soient donc la grandeur et le foyer de l'objectif qu'on emploie, on se rappellera que l'image, dans sa plus grande dimension, c'est-à-dire dans la diagonale de la plaque, doit être au plus la moitié de ce foyer. Il est évident qu'au moyen de ces deux formules on pourra faire construire des objectifs proportionnés à telles dimensions de plaques qu'on désirera.

4. Ainsi, les premières modifications qui ont été faites au daguerréotype primitif avaient pour objet d'établir une relation proportionnelle entre le foyer de l'objectif et les nouvelles dimensions de la plaque. Mais les deux formules précédemment énoncées s'appliquent surtout aux appareils destinés à reproduire des points de vue ou des objets éloignés. Plus tard, lorsqu'on voulut appliquer le daguerréotype à faire des portraits, ou à reproduire des groupes d'objets d'art, on reconnut qu'il était nécessaire d'opérer de plus près ; et, par une suite nécessaire, le foyer de l'objectif dut être singulièrement raccourci.

5. Mais on ne tarda pas à introduire un nouveau perfectionnement qui doubla pour ainsi dire la puissance de l'objectif en concentrant sur la plaque un foyer de lumière d'une très-grande intensité, en agrandissant le champ de l'image, et en

(1) Observons que les verres combinés admettent une plus grande ouverture de diaphragme que les verres simples.

permettant de varier les foyers à l'aide d'une modification peu coûteuse. Nous voulons parler de l'objectif à deux verres, improprement appelé *système allemand*. Cette innovation est d'origine toute française, et nous la devons à un de nos plus habiles opticiens, M. Charles Chevalier. Il est à regretter que l'engouement, si commun en France pour tout ce qui nous vient de l'Etranger, ait fait contester à M. Ch. Chevalier le mérite, selon nous incontestable, de cette utile invention. Mais ce que nous devons surtout déplorer, c'est que la plupart des opticiens de Paris se soient joints sciemment à une croyance populaire erronée, pour attribuer aux Allemands la priorité du système à double objectif. Il est pénible de voir que le sentiment de la prééminence et de la dignité nationale se soit effacé devant un intérêt de mesquine rivalité commerciale. Que M. Ch. Chevalier se console, ses titres ont été appréciés par tous les hommes compétents : le jour de la justice est venu pour lui, et la supériorité incontestable de son double objectif est un fait admis aujourd'hui par tous les véritables amateurs de photographie. C'est aussi le jugement qu'en a porté la Société d'encouragement en accordant à l'inventeur de l'objectif à verres combinés, la palme du concours ouvert par elle, pour le perfectionnement de la photographie.

Dans la première édition de cet ouvrage, nous avions cru devoir examiner avec quelques développements la question de priorité entre le système de M. Ch. Chevalier et le système dit allemand ; mais aujourd'hui que l'opinion publique, mieux éclairée, a prononcé définitivement en faveur de l'opticien français, ce serait manquer de générosité que de poursuivre outre tombe cet enfant d'une paternité douteuse, qui n'était pas né viable, et qui n'a jamais pu trouver de parrain.

Déjà plusieurs des meilleurs opticiens de Paris ont abandonné la construction allemande; espérons que les autres suivront bientôt cet exemple, le public ne peut qu'y gagner (1).

(1) Dans une brochure nouvellement publiée sur la photographie, on a été jusqu'à prétendre : « que les objectifs à un seul verre achromatique donnaient des images *plus nettes dans leurs différents plans, plus identiques, et d'une plus grande douceur*, et qu'avec ces objectifs, *le champ de netteté est si grand qu'on est dispensé de mettre rigoureusement au point.* » Suivant le même auteur : « les verres combinés sont généralement *moins bons, la netteté* de l'image n'existe *qu'au centre*, et pour des objets situés sur un même plan ; il est certain, ajoute-t-il, qu'ils donnent *plus de vigueur*, mais souvent l'image est dépourvue de ressemblance, parce qu'elle se trouve *faussée* par la combinaison. »

Nous ne nous attacherons pas à réfuter ces théories, quelque peu contradictoires entre elles, et en opposition manifeste avec les plus simples notions de l'optique. Tout le monde ne sait-il pas que les combinaisons de lentilles ont pour effet de donner de la

6. Nous voudrions pouvoir tracer des règles sûres pour apprécier facilement la qualité des objectifs; mais, pour faire un choix aussi délicat avec discernement, il faudrait aux amateurs des connaissances qui leur sont en général peu familières, et qui ne peuvent s'acquérir que par une longue pratique. C'est donc le cas de répéter ici la recommandation que nous avons déjà faite, de s'adresser à un opticien en qui l'on puisse avoir *une confiance aveugle*.

Nous dirons toutefois que les meilleurs objectifs se distinguent par l'absence complète de *fils* ou de stries, par un achromatisme parfait, et par cette transparence qu'en termes de lapidaire on appelle une *belle eau*. Enfin, et c'est ici le point capital, ils doivent être *le plus possible* exempts d'aberration de sphéricité. Nous disons *le plus possible*, parce que l'optique n'est point encore parvenue à corriger entièrement ce défaut, conséquence inévitable des courbures des lentilles. Rendons cependant justice aux louables efforts de nos opticiens, qui, sans atteindre complètement le but, en ont du moins approché de très près. L'invention des objectifs combinés a fait faire un grand pas à la solution du problème; toutefois, dans la combinaison allemande, l'aberration sphérique est beaucoup plus prononcée que dans le système de M. Ch. Chevalier; c'est un fait d'une évidence telle que chacun pourra facilement le vérifier (1).

La présence des bulles, lorsqu'elles ne sont ni trop fortes ni trop nombreuses, ne nuit pas sensiblement à la réfraction, et ne doit pas faire rejeter un objectif qui serait d'ailleurs irréprochable.

C'est pour nous un devoir de faire connaître les noms des opticiens qui ont apporté le plus de perfection dans la construction des objectifs destinés à la photographie. Nous citerons en première ligne MM. Soleil, Lerebours et Charles Chevalier; M. Buron s'est aussi occupé avec succès de la partie optique

pureté, de la netteté et de la vigueur aux images? et n'est-ce pas en superposant plusieurs lentilles qu'on est parvenu à donner au microscope composé la perfection qu'on admire aujourd'hui dans cet instrument? Comment une image peut-elle être *vigoureuse*, lorsqu'elle est *faussée*, dépourvue *de ressemblance* et *de netteté*. Quant à nous, nous ne pouvons concevoir la vigueur sans la netteté. Il faut donc le dire, les théories singulières qu'il a suffi de rapporter pour les combattre, n'ont été émises que dans l'intérêt d'une construction de chambre noire qui ramène l'art à son point de départ, à la lentille fixée dans un volet par Porta. Le public est maintenant tout-à-fait désabusé sur le mérite d'un appareil si vanté à son origine, si complètement oublié aujourd'hui.

(1) M. Bisson, un de nos photographistes les plus distingués, possède un objectif de Woitglander pour demi-plaque, du prix énorme de 425 fr., et avec lequel il est impossible d'obtenir une image nette sur toute la plaque.

du daguerréotype ; mais l'objectif à verres combinés pour plaque entière, construit par M. Ch. Chevalier, nous paraît surtout devoir obtenir la préférence sur tous les autres. Cette opinion, que nous avons déjà exprimée, est pour nous le résultat d'une conviction réfléchie, et basée sur des expériences comparatives, faites avec le plus grand soin, que chacun pourra répéter.

Dans tout objectif simple ou composé, et en supposant que toutes les règles d'une bonne construction et d'une combinaison irréprochable aient été observées, l'aberration sphérique sera d'autant plus prononcée, et le champ de l'image d'autant plus rétréci, que le foyer de l'objectif sera plus court. D'un autre côté, on sait que l'intensité des rayons lumineux réfractés par une lentille est en raison inverse de sa longueur focale. Ces diverses propriétés des objectifs devront être prises en considération lorsqu'il s'agira de choisir un appareil, suivant les usages auxquels on le destine.

Lors donc qu'il s'agira de reproduire des sites, des paysages, des gravures, ou tous autres objets immobiles, il sera toujours préférable d'adopter un objectif d'un foyer un peu long. Car, si par cette disposition on perd de la lumière, et par conséquent de la rapidité, on en sera amplement dédommagé par la correction et la netteté des images obtenues.

Pour les portraits, comme il est difficile d'obtenir une longue immobilité de la part des modèles, surtout lorsque l'habitude ne les a pas encore familiarisés avec les ennuis de la pose, la rapidité devient indispensable, et il faut alors recourir aux objectifs d'un plus court foyer. Cependant on ne doit adopter ce moyen qu'avec réserve et dans certaines limites, car on n'obtiendrait que des épreuves dépourvues de vigueur et de ressemblance, disproportionnées dans les détails, et de nulle valeur artistique (1).

Dans tous les cas, il faut se rappeler comme un axiôme de photographie, *que jamais la netteté ne doit être sacrifiée à la rapidité*. Ce n'est donc plus seulement aux objectifs, mais surtout aux substances accélératrices qu'il faut demander cette rapidité lorsqu'elle est nécessaire. Nous ne saurions approuver le système de ceux qui font consister tout le mérite de la photographie à produire une image en une ou deux secondes.

(1) En thèse générale, pour plaque entière, le foyer des verres combinés doit avoir au moins 35 centimètres (1 pied 1 pouce) de longueur, et pour les quarts de plaque, 16 à 18 centimètres (6 pouces à 6 pouces 8 lignes).

Sans aucun doute la promptitude est une chose avantageuse et même nécessaire en fait de portraits, mais il ne suffit pas de faire vite, il faut avant tout bien faire, et c'est ici le cas de rappeler le précepte de Boileau :

Et ne vous piquez pas d'une folle vitesse.

Nous aurons plus d'une fois l'occasion de revenir sur ce point important, car, selon nous, l'amour exagéré de la promptitude a été et est encore aujourd'hui le principal obstacle à la perfection des images daguerriennes.

Il faut donc étudier avec un soin tout particulier la manipulation des substances accélératrices, c'est le seul moyen d'arriver en peu de temps à opérer avec rapidité, sans être obligé d'employer des objectifs à trop court foyer.

Quant à nous, nous avons adopté depuis longtemps, pour toutes les dimensions de plaques, l'usage d'un objectif pour plaque entière. Les résultats obtenus un peu plus lentement, mais presque toujours en moins d'une minute, sont au-dessus de toute comparaison avec les produits des objectifs de moindre dimension. Nous engageons donc les véritables amateurs de photographie à débuter par l'achat du grand appareil, qui, en les dispensant de toute acquisition ultérieure, leur évitera les embarras attachés à la possession de plusieurs daguerréotypes. On peut faire combiner avec la lentille principale plusieurs objectifs antérieurs de rechange, qui permettent de modifier à volonté les foyers suivant les effets qu'on veut obtenir, soit pour opérer rapidement, soit pour agrandir ou rétrécir le champ de l'image.

Voici une expérience qui nous paraît décisive soit pour constater l'aberration de sphéricité d'un objectif, soit pour comparer deux objectifs de même dimension dont on veut apprécier les différences de qualité ou de longueur focale.

On se procurera une gravure au burin dont les tailles soient vigoureuses et fortement accusées, on la collera sur une feuille de carton bien uni, et le tout sera soumis à l'action d'une forte presse pour obtenir une surface bien plane. Lorsque la dessiccation sera assez complète pour qu'on n'ait plus à craindre la déformation ou le gauchissement de la feuille de carton, on suspendra, ou l'on fixera de toute autre manière, la gravure dans une position parfaitement verticale, contre un mur ou une porte, à l'air libre, et à une exposition telle que la gravure soit éclairée par une vive lumière.

Ces dispositions prises, le daguerréotype dont on veut exa-

miner l'objectif, est placé sur son pied à une distance de 1 mètre 50 centimètres à 3 mètres (4 pieds 1/2 à 9 pieds) de la gravure (1), en ayant soin que la face antérieure de l'appareil se trouve bien parallèle à la surface de cette gravure. On met alors au point avec un soin minutieux (*voir* ci-après N° 76), et l'on fait varier l'objectif jusqu'à ce qu'on ait obtenu sur le verre dépoli l'image de la gravure *à son maximum de netteté*. On examine alors cette image avec une attention toute particulière. Si les tailles de la gravure sont reproduites, sur le verre dépoli, avec toute leur pureté, si toutes les parties de l'image apparaissent également nettes et éclairées, si les lignes droites qui servent d'encadrement à la gravure conservent *toute leur rectitude*, on peut être assuré que l'objectif est complètement exempt d'aberration; mais il faut le dire : peu d'objectifs peuvent soutenir cette rigoureuse épreuve, sans être pourvus d'un diaphragme de 20 à 30 millimètres (9 à 14 lignes) au plus *d'ouverture*, suivant le foyer de l'objectif (*voir* N° 7). Si, au contraire, malgré l'adjonction de ce diaphragme, les traits de la gravure paraissaient sur le verre dépoli confus et mal définis; si les bords de l'image étaient plus ou moins nets, plus ou moins éclairés que le milieu, si enfin les lignes d'encadrement, au lieu d'être parfaitement droites, affectaient la forme *de parenthèses*, l'objectif qui donnerait une pareille image doit être rejeté sans hésiter, car on n'en peut attendre que des épreuves défectueuses.

Il faut une certaine habitude pour apprécier d'une manière juste et précise la netteté de l'image fournie par un objectif; toutefois, avec un peu d'attention on parvient en très-peu de temps à se rendre un compte exact des effets produits sur la glace dépolie, surtout si l'on examine comparativement et à la fois plusieurs objectifs de même dimension; il devient alors beaucoup plus facile de juger des défauts ou des qualités de ces objectifs en comparant entre elles les images qu'ils produisent. Lorsqu'on veut ainsi examiner plusieurs appareils, on pourra soit les disposer à côté les uns des autres, soit les superposer, mais en ayant soin de toujours les placer le plus parallèlement possible avec la gravure dont ils reçoivent l'image.

Nous aurions pu, en terminant ce qui a rapport aux objec-

(1) Cette distance doit être proportionnée à la longueur du foyer de l'objectif; elle devra être réglée de manière à ce que la gravure tout entière soit représentée sur le verre dépoli.

tifs, entrer dans de grands détails théoriques sur la marche des rayons lumineux à travers les lentilles; sur la convergence et la divergence de ces rayons, etc.; mais l'exposé de ces théories nous aurait entraîné dans des développements qui exigeraient seuls un traité spécial, et seraient peu goûtés de la plupart de nos lecteurs. Ceux d'entre eux qui voudraient étudier à fond la construction des instruments d'optique, pourront consulter un traité de physique, ou l'excellent *Manuel d'Optique* de M. Brewster (1).

7. La plupart des opticiens annoncent leurs objectifs comme pouvant servir sans aucune espèce de diaphragme. Cette prétention est exagérée et doit être restreinte au petit nombre de cas où l'on a besoin d'opérer avec une très-grande promptitude, mais en sacrifiant une partie de la netteté et de la pureté de l'image. Dans presque tous les cas, et avec les meilleurs objectifs, un diaphragme est indispensable, si l'on veut obtenir un dessin correct et vigoureux.

Nous avons déjà dit qu'il n'était pas possible de corriger entièrement l'aberration de sphéricité des lentilles, même en les combinant dans les conditions les plus favorables; l'emploi des diaphragmes a pour objet de rendre cette aberration la moindre possible.

On appelle diaphragme, un disque métallique percé d'un trou central, que l'on fixe à la partie antérieure du tube de l'objectif. On comprend que cette disposition a pour effet de laisser passer les rayons lumineux les plus voisins de l'axe de la lentille, tandis que les rayons latéraux sont interceptés par la partie pleine du diaphragme. Or, comme on sait que les rayons du centre donnent une image plus correcte que les rayons latéraux, il en résulte que plus l'ouverture du diaphragme sera petite, plus l'image aura de netteté et de vigueur, mais aussi moins elle sera éclairée, puisqu'un moindre nombre de rayons concourra à sa formation.

Par une conséquence nécessaire, la durée de l'exposition de la plaque à l'action photogénique devra être d'autant plus prolongée, que l'ouverture du diaphragme sera plus rétrécie. Toutefois, il n'existe pas, comme on l'a souvent dit à tort, une proportion rigoureusement exacte entre la durée de l'exposition et la surface d'ouverture du diaphragme. Il n'est donc pas exact de dire que si on obtient une épreuve en 10 secondes avec un diaphragme ayant une ouverture de 2 centimètres

(1) Deux vol. in-18, chez Roret, 10 bis, rue Hautefeuille.

(36 lignes) carrés, il faudra 40 secondes pour obtenir la même épreuve, avec un diaphragme de 5 millimètres (1 ligne). Nous avons constamment éprouvé dans la pratique, qu'on ne devait pas prolonger l'exposition en proportion du rétrécissement du diaphragme; et, sans vouloir assigner des limites rigoureusement exactes, nous devons dire qu'avec un diaphragme étroit il n'est pas nécessaire de prolonger l'opération aussi longtemps que semblerait l'exiger la théorie.

Avec les objectifs pour grandes plaques de 30 à 35 centimèt. (11 à 13 pouces) de foyer, on pourra employer des diaphragmes de 10 à 30 millim. (5 à 13 lig.) de diamètre, suivant qu'on voudra obtenir des portraits, des vues, ou des reproductions de gravures. Les objectifs pour quart de plaque, qui sont de foyer plus court, auront besoin de diaphragmes un peu plus étroits. Au reste, ces proportions n'ont rien de rigoureux, et l'opérateur intelligent saura s'en écarter à propos, suivant les différents effets qu'il voudra produire.

Nous mentionnons ici, seulement pour mémoire, les diaphragmes à opercules variables, dont l'idée a été empruntée aux microscopes. Quant au diaphragme mécanique imaginé par M. Ch. Chevalier, et dont l'ouverture variable imite si parfaitement le jeu de la pupille humaine, c'est une ingénieuse invention, mais trop chère et trop compliquée pour former un accessoire du daguerréotype.

8. Tout le monde sait que le daguerréotype donne des images renversées, c'est-à-dire transposées de droite à gauche et *vice versâ*. Pour obtenir des épreuves redressées, on a eu recours à divers moyens. Le premier consistait dans l'emploi d'une glace parallèle, placée devant l'objectif, sous une inclinaison de 45 degrés. Ce procédé, connu depuis longtemps, présentait de graves inconvénients: on sait que les glaces étamées produisent une double réflexion; de là une grande déperdition de lumière, et la nécessité de laisser la plaque beaucoup plus longtemps exposée aux rayons lumineux. Mais en outre il est très-difficile de construire une glace dont le parallélisme soit exact, et, sans cette condition, on ne peut arriver à produire des images d'une netteté parfaite. Quoi qu'il en soit, les glaces parallèles sont encore aujourd'hui employées par un grand nombre d'expérimentateurs.

Cependant, M. Ch. Chevalier a proposé, pour remplacer les miroirs, une disposition nouvelle qui nous paraît infiniment préférable à l'ancien procédé. Il adapte au-devant de l'objec-

tif un prisme rectangulaire dont l'hypothénuse est étamée. Or, on sait qu'à travers un prisme la marche des rayons lumineux est toujours plus régulière que dans une glace d'un parallélisme douteux. Ce système présente encore un très-grand avantage, en ce que le poids et le volume du prisme assurent son immobilité parfaite, tandis que les glaces parallèles sont sujettes à osciller et à donner des images confuses, surtout lorsque l'on opère par un grand vent. Le prisme est donc aujourd'hui préféré par les véritables amateurs de photographie, et son usage serait encore plus répandu, si la difficulté de construction de cet instrument ne le maintenait à un prix plus élevé que les glaces parallèles.

Quel que soit, au reste, le système adopté, il faut bien se rappeler que les épreuves redressées exigent une exposition plus prolongée aux rayons lumineux. Cette différence peut être évaluée, en thèse générale, au tiers en sus du temps requis pour les épreuves ordinaires.

Nous reviendrons plus loin sur les avantages que présentent les épreuves redressées, et nous ferons connaître les circonstances dans lesquelles il est indispensable de recourir à ce moyen, N° 118.

9. On a annoncé à grand bruit, l'année dernière, un appareil construit sur un nouveau système, et que son auteur, M. Lecchi, prétendait substituer à l'ancienne chambre noire. Dans cette disposition, l'objectif est supprimé, et l'image est reçue par un miroir périscopique étamé qui la réfléchit sur la plaque. Cette idée n'est pas neuve, et M. Lecchi aurait tort d'en revendiquer la propriété, car, plusieurs années auparavant, elle avait été publiée aux Etats-Unis et en Angleterre par M. Bird, qui l'a abandonnée après avoir fait de nombreuses et inutiles tentatives pour en obtenir un bon résultat. L'appareil de M. Lecchi n'a pas eu plus de succès. L'extrême difficulté d'une mise au point, qui ne peut être réglée que par voie de tâtonnement; l'impossibilité d'opérer sur une plaque de grandeur raisonnable, sans augmenter démesurément les proportions du miroir, le manque absolu de netteté, le volume incommode et embarrassant de cet appareil, et son prix excessif, l'ont fait rejeter par tous les amateurs, et l'on s'en est tenu à la construction de l'ancienne chambre noire, avec les modifications importantes qui y ont été faites par l'immortel Wollaston.

CHAPITRE II.

DES MODIFICATIONS A LA PARTIE MÉCANIQUE DU DAGUERRÉOTYPE.

Réduction de l'appareil normal de Daguerre, 10. — Perfectionnements généraux, 11. — Appareils Buron, Lerebours, Ch. Chevalier, 12. — Système Gaudin, 13. — Appareil Claudet, 14.

10. L'appareil normal de M. Daguerre était construit pour opérer sur des plaques de 16 centim. (6 pouces) sur 21 cent. (7 pouces 10 lignes). Lorsqu'on voulut réduire les dimensions de ces plaques, il fallut diminuer le daguerréotype dans la même proportion. Ainsi les premières modifications qui furent faites à la chambre noire ne portèrent que sur la grandeur de cet instrument.

Mais on avait remarqué, dès l'origine, que le daguerréotype, tel que l'avait imaginé son auteur, était fort embarrassant et presque impossible à transporter. Il fallait donc travailler à le rendre plus commode, et M. Séguier, dont le nom se trouve toujours associé à toutes les découvertes utiles, fut le premier qui présenta un daguerréotype portatif. M. de Brébisson, amateur éclairé de la photographie, proposa, de son côté, d'ingénieuses modifications, et dès cette époque l'invention de M. Daguerre se trouva affranchie de la plupart des inconvénients attachés à ce que l'on appelait alors *le bagage daguerrien*.

11. Le progrès ne devait pas s'arrêter là. Bientôt tous les constructeurs de daguerréotypes s'appliquèrent avec une louable émulation à simplifier cet ingénieux instrument et à le rendre plus portatif.

Peu à peu la chambre noire se dépouilla des formes lourdes et embarrassantes que l'on remarquait dans les appareils primitifs. On construisit des daguerréotypes à brisures et à charnières qui, en se repliant, occupaient un très-petit espace.

Les châssis destinés à recevoir les plaques furent disposés de manière à ce qu'elles pussent y être commodément fixées pendant les diverses opérations auxquelles elles doivent être soumises. D'ingénieux moyens d'ouverture et de fermeture, ménagés en dehors de l'appareil, permirent de démasquer les plaques dans leurs châssis, sans avoir à craindre l'accès de la poussière ou de la lumière.

Un système d'engrenage monté sur l'objectif, ou sur la chambre noire elle-même, facilita la mise au point avec une exactitude rigoureuse.

Les accessoires de l'appareil reçurent aussi de notables perfectionnements entre les mains de M. le baron Séguier. Les boîtes à iode, si embarrassantes par leur volume dans la construction de M. Daguerre, furent réduites aux plus petites dimensions, sans néanmoins compromettre l'opération délicate à laquelle elles sont destinées.

La boîte à brôme prit dans les mains de M. Foucault une forme nouvelle qui répond à toutes les exigences des nombreuses substances accélératrices.

La boîte au mercure fut réduite à la moitié de son ancien volume, par l'addition de côtés à coulisses qui lui servent de pieds lorsqu'ils sont ouverts.

Les flacons contenant les produits chimiques furent rangés symétriquement et de manière à tenir le moins de place possible dans des boîtes séparées de la chambre noire et dont la construction permet de les transporter sans aucun inconvénieut.

Un support à chlorurer, susceptible de donner à la plaque une parfaite horizontalité, remédie à l'épanchement si fréquent de la nappe de chlorure d'or pendant l'opération du fixage, N° 98.

Le polissage des plaques qui, dans l'origine, avait lieu sur des feuilles de papier qu'on était obligé de renouveler sans cesse, devint plus simple et plus facile, grâce à l'adoption de planchettes à polir, en bois ou en verre.

Enfin, la plupart des appareils livrés aujourd'hui au commerce réunissent, au plus haut degré, les conditions de solidité, de légèreté et d'un ménagement ingénieux de l'espace.

12. Parmi les constructeurs qui ont le plus contribué au perfectionnement du daguerréotype et de ses accessoires, nous citerons M. Burou, dont les appareils sont représentés *fig.* 35 et 36, *Pl.* II, et *fig.* 27 à 34 de la même planche; M. Lerebours qui, malgré les études et l'attention que réclame de lui la construction des grands instruments, s'est occupé avec un soin tout particulier des appareils photogéniques. Son daguerréotype à portraits est représenté *Pl.* Ire, *fig.* 13. Mais nous devons surtout appeler l'attention du lecteur sur le grand photographe construit par M. Charles Chevalier. La description de cet instrument admirable dans toutes ses parties, et qui l'emporte sans contredit sur tous les autres, exige des développements qui

feront l'objet d'un article spécial, renvoyé au IVe livre pour ne pas retarder l'ordre didactique de cet ouvrage (1).

Tels sont les perfectionnements apportés jusqu'ici à la partie mécanique du photographe. Nous reviendrons sur chacun d'eux à mesure que l'ordre des matières le permettra, et nous indiquerons les précautions minutieuses qu'on doit apporter dans le choix de chacune des parties qui composent un appareil. Nous devons dire néanmoins, dès à présent, que tout ce qui est du ressort de l'ébénisterie doit être traité avec un soin tout particulier, et pour la perfection du travail et pour le choix de la matière. Les daguerréotypes sont exposés à subir de fréquents changements de température, et l'on ne doit employer à leur construction que des bois parfaitement secs et qui, par leur nature et la perfection des assemblages, ne soient point sujets à se gauchir.

13. Pour ne rien omettre, nous devons dire un mot d'un appareil qui, par sa construction, diffère essentiellement de tous les autres. Le daguerréotype Gaudin, *fig.* 11, *Pl.* I, si vanté lors de son apparition, semblait présenter quelques avantages; on y avait supprimé les planchettes et châssis, et la plaque pouvait être exposée à nu; un écran en drap noir servait d'obturateur, et permettait de découvrir instantanément l'objectif. Un diaphragme à trois ouvertures différentes était destiné à corriger, autant que possible, l'extrême aberration sphérique d'un objectif à très-court foyer. Cette aberration était encore combattue par un tube métallique, qui circonscrivait l'impression photogénique sur un espace circulaire pris au milieu de la plaque.

Ces dispositions, qui paraissent séduisantes au premier abord, sont malheureusement plus que compensées par de graves inconvénients. L'extrême difficulté de la mise au point avec cet appareil; l'incertitude où l'on est de retrouver exactement ce point, après avoir emporté l'appareil dans un endroit obscur, pour y placer la plaque; le manque de netteté des images, enfin, l'absence complète de ces images sur les quatre coins de la plaque, ont fait promptement abandonner le système Gaudin, et il est aujourd'hui, à peu près, tombé dans l'oubli.

14. Il n'en est pas de même de l'ingénieux appareil imaginé par M. Claudet, et dont nous donnerons une description, parce qu'il peut être très-utile aux personnes qui désirent opérer

(1) Voyez cette description, *page* 527. Les *fig.* 1 à 10, planche I, reproduisent le photographe Chevalier et ses accessoires.

alternativement sur des plaques de grandeurs différentes, sans être obligées de transporter, avec elles, l'attirail embarrassant de trois ou quatre daguerréotypes. On peut, en outre, l'employer avec beaucoup d'avantages, lorsqu'on veut essayer ou comparer plusieurs objectifs.

Sa construction est des plus simples : la chambre obscure consiste en une boîte carrée longue, ouverte par un de ses bouts. Ses dimensions sont calculées de telle manière, que sa longuenr excède de 30 à 40 centimètres (de 11 à 15 pouces) la longueur focale du plus grand objectif que l'on veut y adapter; et quant à sa largeur, elle doit excéder de 5 à 6 centimètres (1 pouce 10 lignes à 2 pouces 3 lignes) la plus grande dimension d'une plaque entière. Sur le devant de cette boîte, on a ménagé une grande feuillure carrée, destinée à recevoir des planchettes de même forme et de même dimension, sur lesquelles sont montés les différents objectifs, et que l'on fixe à la chambre noire au moyen de petits tourniquets en métal.

L'intérieur de cette chambre noire est fermé par un cadre mobile, en forme de tiroir, glissaut parallèlement et à frottement senti dans toute la longueur de la boîte. Le cadre mobile se compose lui-même de quatre autres cadres de dimensions appropriées à chaque grandeur de plaque, et entrant l'un dans l'autre au moyen de feuillures qui les font afflenrer en dessus et en dessous. C'est dans les feuillures de ces cadres que l'on place soit la plaque elle-même, soit un verre dépoli de même grandeur que cette plaque, lorsqu'il s'agit simplement de mettre au foyer. On comprend que le verre dépoli se trouvant placé dans la feuillure même qni, plus tard, doit recevoir la plaque, on est bien plus sûr d'arriver ainsi à une mise au foyer parfaitement exacte. Le verre dépoli ou la plaque sont maintenus en place au moyen d'un ressort qui tourne sur une vis. Les plaques sont iodées et brômées à nu, et lorsqu'elles ont subi ces préparations, on les place, le cuivre en dessus, dans une boîte de grandeur convenable où elles sont supportées par des bandelettes de verre collées tout autour des parois; on apporte cette boîte dans l'appareil, on recouvre cet appareil avec un drap noir qui, retombant sur les bras de l'opérateur, lui permet d'extraire la plaque de la boîte et de la placer dans la feuillure du cadre sans l'exposer à la lumière.

Malgré ces avantages évidents de l'appareil Claudet, beaucoup de personnes hésiteront à l'adopter, à cause de la difficulté réelle que présente la manipulation des plaques nues.

LIVRE II.

DES MODIFICATIONS APPORTÉES AUX CINQ OPÉRATIONS DU PROCÉDÉ DE M. DAGUERRE ET AUX APPAREILS QUI SERVENT A CES OPÉRATIONS.

CHAPITRE PREMIER.

DU CHOIX DES PLAQUES ET DE LEUR POLISSAGE.

Du choix des plaques, 15. — Du planage, 16. — des plaques galvanoplastiques, 17. — Instruments nécessaires pour polir, 18; — Manière de polir, 19; — Notions générales, préparation des poudres à polir, 20; — Procédé de MM. Belfied et Foucault, 21; — Modification indiquée par M. Daguerre, 22; — Polissage aux acides mêlés d'huile, de M. Daguerre, 23; — Procédés de M. Claudet, 24; — Conclusion, 25; — Dernier procédé de M. Daguerre, 26.

15. On ne saurait apporter trop de soins dans le choix des plaques destinées à recevoir les images photographiques; l'argent doit en être le plus pur possible et plaqué à une épaisseur suffisante pour résister aux polis répétés qu'il devra subir. Il est malheureusement bien difficile de se procurer des plaques qui remplissent toutes ces conditions, et quelque pénible que soit un pareil aveu, nous devons le dire, le commerce du plaqué est aujourd'hui une déception. Les exigences déraisonnables d'un public qui veut tout obtenir à vil prix, et, par dessus tout, les manœuvres éhontées d'une concurrence illimitée, tant en France que sur les marchés étrangers, ont en quelque sorte forcé nos plus honnêtes fabricants à établir du plaqué bien au-dessous du titre indiqué par le poinçon. Il n'est donc pas rare de trouver, dans le commerce, de prétendues plaques au 30me, qui, en réalité, sont au 50me et même au 80me. Il existe cependant des lois dont l'observation rigoureuse préviendrait de pareils abus; mais, par une coupable tolérance de l'autorité, ces règlements semblent aujourd'hui tombés en désuétude, et, chaque jour, le public est trompé impunément. Dans l'intérêt des fabricants honnêtes, comme aussi dans l'intérêt des consommateurs, il est de notre devoir d'appeler la répression

de semblables escroqueries. Mais, en attendant, le public est averti, qu'il se tienne sur ses gardes; que les amateurs de photographie fassent choix d'un planeur consciencieux et assez connaisseur pour ne pas être lui-même la dupe du fabricant de plaqué (1); enfin, qu'à toutes ces précautions ils ajoutent celle de faire essayer souvent leurs plaques, c'est pour eux le seul moyen de ne pas être trompés.

En général, les plaques au 30me seront suffisantes entre les mains d'un amateur déjà exercé; mais les commençants feront bien d'adopter du plaqué à un titre plus élevé, par exemple au 10me ou au 20me. Ce sera même pour eux une économie, puisque les plaques pourront subir un bien plus grand nombre de polis, sans qu'on ait à craindre de mettre à jour le cuivre.

Mais, outre la sincérité du titre, les plaques photographiques doivent réunir certaines qualités extérieures qu'il importe de faire bien connaître. On reconnaîtra les meilleures à leur blancheur et à la vivacité de leur éclat métallique. Celles qui présenteraient des piqûres, des gerçures, des stries, ou des marques trop profondes du planage au marteau, doivent être rejetées. Tous ces défauts seront facilement appréciables à l'œil le moins exercé, si on a soin de diriger son haleine sur la plaque de manière à en ternir le poli; les moindres inégalités deviendront alors apparentes et décèleront les imperfections. Mais le défaut le plus grave, et celui qu'on doit éviter avec le plus grand soin, serait la mise à nu du cuivre, en quelques endroits de la couche d'argent. Les épreuves faites avec de pareilles plaques seraient infailliblement couvertes de taches noires indélébiles.

16. Le planage exerce une grande influence sur la qualité des plaques, il ne sera donc pas hors de propos de dire quelques mots de cette opération, bien plus difficile qu'on ne serait tenté de le croire. On sait qu'elle a pour but de resserrer les molécules de l'argent, et de lui donner ainsi une plus grande aptitude à prendre un beau poli. Mais pour obtenir un bon résultat, il faut que le planage soit dirigé avec intelligence et avec beaucoup de soin. Les marteaux et le tas qui servent à écrouir le métal doivent être bombés le moins possible, si l'on ne veut pas que chaque coup de marteau se traduise en cavités très-apparentes à la surface de l'argent. Il est encore très-essentiel

(1) MM. Toussaint frères, 18, rue de Grenelle-St.-Germain, et M. Bertrand, quai des Orfèvres, 60, nous ont constamment fourni de bonnes plaques, et nous les signalons avec plaisir à la confiance des amateurs.

d'avoir à proximité du tas un soufflet que l'on fait mouvoir avec le pied, et dont le vent continu, dirigé sur la surface de la plaque, éloigne les corpuscules et les grains de poussière voltigeant dans l'atmosphère. La plupart des planeurs négligent encore cette précaution indispensable, et il arrive trop souvent que la poussière incrustée en quelque sorte par la percussion sur la surface de l'argent, y détermine ces nombreuses piqûres qui font le désespoir des photographistes. C'est en dire assez pour démontrer toute l'importance qu'on doit mettre à choisir un planeur d'un talent reconnu.

17. M. Belfied, avec cette habileté et cette persévérance qu'on lui connaît, est parvenu à produire de toutes pièces des plaques photographiques au moyen de la galvanoplastique. Il commence par déposer une couche d'argent d'une épaisseur suffisante, sur une plaque de cuivre parfaitement polie; il précipite ensuite sur l'argent une couche de cuivre, jusqu'à ce que la plaque ait acquis la consistance nécessaire. On sépare alors la plaque terminée, de la feuille de cuivre sur laquelle elle a été déposée. Rien de plus séduisant, en théorie, que les plaques obtenues par voie électro-chimique; la pureté incontestable de l'argent, l'inutilité du planage, la simplification du poli, sembleraient devoir les faire préférer au plaqué ordinaire. Malheureusement elles n'ont point réalisé jusqu'ici, dans la pratique, les résultats qu'on s'en était promis. On a remarqué que la couche d'argent manquait d'homogénéité et de cohérence, que souvent même elle se trouvait criblée de piqûres ou de stries profondes. D'ailleurs, le plaqué galvanogène n'a point une épaisseur et surtout une rigidité suffisantes, et il arrive quelquefois, pendant le poli, que le plus léger effort fait ployer la plaque, la fausse et la rend incapable de servir. Malgré ces défauts, il ne faut pas désespérer de l'avenir de cette industrie, et les résultats qu'elle a déjà obtenus sont de nature à faire espérer qu'elle remplacera un jour le plaqué ordinaire pour la photographie.

18. Il ne suffirait pas de s'être procuré des plaques d'une qualité irréprochable, si on ne savait pas, en outre, leur donner le poli nécessaire pour la réussite des épreuves.

Dans l'origine, pour procéder au polissage, on se contentait de placer la plaque sur plusieurs feuilles de papier que l'on renouvelait à mesure qu'elles se salissaient. Aujourd'hui, on se sert presqu'exclusivement de la *planchette à polir*. Ce petit

instrument, représenté *fig.* 14 et 15, *Pl.* I, consiste dans une planchette de bois de même dimension que la plaque : à deux de ses angles diagonalement opposés, sont fixés deux petits mentonnets en cuivre *a b*, percés d'une rainure très-mince dans laquelle on engage les angles de la plaque. L'un de ces mentonnets est mobile dans une coulisse, et s'arrête au moyen d'une vis et d'un écrou qui permettent de fixer la plaque sur la planchette, et de l'en dégager lorsque le poli est terminé. Au moyen d'un petit tasseau fixé sous la tablette, on peut facilement assujettir la planchette soit dans un étau, soit sur une table, à l'aide de la presse en bois, *fig.* 15, *Pl.* I.

M. Levret a eu l'heureuse idée de remplacer la planchette en bois par une tablette en glace, qui a l'avantage de ne point absorber les substances qui servent à polir, en sorte qu'elle peut toujours être tenue parfaitement propre. Deux rainures percées à angle droit dans toute l'épaisseur de la glace reçoivent deux boulons à tête plate, qui, par leur mobilité dans les rainures, permettent d'assujettir toutes les dimensions de plaques. Cette innovation présente de grands avantages, et nous engageons nos lecteurs à l'adopter.

19. Depuis l'invention de la photographie, on a proposé un si grand nombre de moyens de polir les plaques, que l'on pourrait faire un volume sur ce seul sujet. Parmi ces nombreuses méthodes, capables de jeter le doute et le découragement dans l'esprit des expérimentateurs, nous avons fait un choix de celles que l'expérience nous a démontrées les plus favorables au succès. Ces divers procédés, et les motifs qui nous ont engagé à les adopter, ont fait le sujet d'un article inséré dans le *Technologiste*, et que nous reproduisons ici.

20. Le polissage des plaques a toujours été regardé, avec raison, comme une des conditions essentielles de la réussite des images daguerriennes. Depuis la publication de la première édition de ce Traité, d'importantes améliorations ont été apportées à cette partie du procédé; mais, avant de les faire connaître, nous devions attendre qu'elles eussent reçu la sanction de l'expérience.

On sait que le polissage exige deux conditions distinctes, l'une mécanique, l'autre chimique : le bruni parfait de la plaque, et le décapage destiné à assurer, autant que possible, la pureté chimique de la couche d'argent qui doit recevoir l'image.

Un grand nombre de substances ont été tour à tour propo-

sées pour atteindre ce double but. Presque tous les corps qui peuvent se réduire en poudre fine ont été successivement essayés; la nomenclature en serait vaste, il nous suffira de citer : la ponce, le tripoli, la terre pourrie, les os calcinés, la suie, le noir de lampe, le rouge d'Angleterre, l'amidon, etc. Aujourd'hui, la plupart de ces substances ont été abandonnées, pour s'en tenir exclusivement à la ponce et au tripoli; et les personnes qui font de belles épreuves écartent surtout de leurs préparations le rouge d'Angleterre, dont il est impossible de débarrasser entièrement la plaque. Cependant, il faut le dire, on n'obtient pas facilement un bruni parfait avec la ponce et le tripoli, car, outre la difficulté d'un *tour de main* qu'on n'acquiert pas du premier coup, ces substances, telles qu'on les trouve dans le commerce, même après avoir été lavées, sont loin d'être à l'état de pureté et de finesse nécessaires pour éviter de rayer la surface de l'argent. Il faut donc, avec un soin minutieux, leur faire subir un nouveau lavage et décantage. Voici la manière d'y procéder :

Dans une grande carafe, ou dans un bocal rempli d'eau, on verse une poignée de ponce ou de tripoli. On agite fortement le vase, puis on laisse reposer pendant 4 à 5 minutes pour la ponce, et 2 à 3 minutes pour le tripoli. On introduit alors dans le vase un syphon, dont l'extrémité inférieure ne doit pas plonger au-delà de la moitié du liquide. Puis, à l'aide de ce syphon, on soutire l'eau qui contient en suspension les particules les plus ténues de la ponce ou du tripoli. Cette eau est versée sur un filtre de papier, qu'elle traverse en y déposant la poudre qu'elle tenait en suspension. Lorsque cette poudre est à moitié sèche, on l'introduit dans un creuset de porcelaine, ou, à défaut de creuset, dans une tête de pipe en terre; on applique alors une forte chaleur au moyen d'une lampe à esprit-de-vin; mais il est inutile, pour le tripoli surtout, de pousser la calcination jusqu'au rouge; il suffit qu'il soit complètement exempt d'humidité.

Avec de la ponce et du tripoli ainsi préparés, on peut être assuré d'obtenir un bruni parfait et sans aucune rayure. Les poudres de ponce et de tripoli seront renfermées dans de petits bocaux de verre, dont l'orifice sera fermé par une mousseline assez claire; on évite ainsi l'inconvénient de se salir les doigts et de répandre partout ces poudres, comme cela arrive lorsqu'on se contente de les enfermer dans un simple nouet de mousseline. Ces bocaux seront tenus constamment à l'abri de

l'humidité, il sera même bon, dans les temps humides, de les approcher du feu pour les bien sécher.

Quant au décapage de la plaque, on se rappelle que, lors de la publication de son procédé, M. Daguerre indiquait, comme une des conditions essentielles de réussite, la pureté chimique de la couche d'argent destinée à recevoir l'image. Pour arriver à ce résultat, la plaque, après un premier poli préparatoire, était soumise à plusieurs décapages successifs, au moyen d'une petite quantité d'eau acidulée par l'acide nitrique.

On était déjà parvenu, dans la pratique, à s'affranchir d'une grande partie de ces décapages, lorsqu'il y a quelques mois, M. Daguerre communiqua à l'Académie des sciences un nouveau procédé ayant pour but de débarrasser la surface de l'argent de toute espèce de *crasse* et du *limon atmosphérique* qui pourrait y adhérer. Ce moyen consistait à verser, sur la plaque, une nappe d'eau distillée que l'on y faisait bouillir, et que l'on séchait ensuite avec la lampe à esprit-de-vin (1). On obtenait ainsi une plus grande sensibilité de la plaque. Mais, il faut le dire, l'extrême difficulté que l'on éprouvait à enlever l'eau distillée, sans qu'elle laissât de taches sur l'argent, et l'embarras d'emporter en voyage une grande quantité d'eau distillée, rendaient ce procédé impraticable; et il ne fut pas adopté.

Toutefois, il paraissait démontré pour tout le monde qu'il fallait, suivant la recommandation de M. Daguerre, opérer sur une couche d'argent parfaitement exempte de matières étrangères, ou, si l'on veut, aussi chimiquement pure que possible.

Les choses en étaient à ce point, lorsqu'il y a quelques mois, MM. Belfied et Foucault, en opposition avec l'opinion de M. Daguerre, annoncèrent qu'une légère couche de matière organique déposée régulièrement sur la surface de la plaque, loin de nuire à la formation de l'image, lui était au contraire favorable. A l'appui de leurs assertions, ils présentaient à l'Académie des sciences une série de magnifiques épreuves, comme ces messieurs en savent faire; les plaques avaient été polies à l'essence de térébenthine.

M. Daguerre crut devoir soutenir sa théorie, et il s'éleva à ce sujet, entre lui et MM. Belfied et Foucault, une polémique

(1) Depuis, M. Daguerre a recommandé de faire condenser la vapeur de l'haleine sur l'argent avant d'y verser l'eau distillée.

assez vive. Nous éviterons de prendre parti dans cette discussion, nous réservant cependant d'examiner plus tard si le procédé de MM. Belfied et Foucault ne serait pas tout simplement un mode de décapage plus parfait, puisque l'essence de térébenthine, d'abord étendue sur la plaque, doit être complètement dissoute par l'*alcool absolu* que l'on emploie dans le second temps de l'opération.

Notre but, avant tout, est de fournir à nos lecteurs des améliorations dans la pratique; laissant donc de côté, pour le moment, les théories si souvent contestables en photographie, nous dirons que le mode de polissage de MM. Belfied et Foucault présente à la fois une grande simplification et un véritable perfectionnement dans le procédé. Nous allons donc le décrire dans tous ses détails.

I. *Procédé de MM.* Belfied *et* Foucault *pour le polissage des plaques daguerriennes, au moyen de l'essence de térébenthine.*

21. La plaque étant fixée sur la planchette à polir, on y verse deux ou trois gouttes d'essence de térébenthine ordinaire (1). On ajoute un peu de ponce ou de tripoli, et, avec un tampon de coton qui n'a pas besoin d'être neuf, on frotte en arrondissant, et en décrivant une multitude de petits cercles très-rapprochés, mais tous excentriques les uns aux autres. On aura soin de parcourir également tous les points de la superficie de la plaque. Au bout d'une minute environ, il se formera sur l'argent un cambouis noir, dont on enlèvera la plus grande partie, en continuant de frotter en rond avec le même coton. On mettra alors sur la plaque un peu de ponce ou de tripoli sec, et, avec un tampon neuf, on frottera, toujours en arrondissant, jusqu'à ce que la surface de la plaque prenne un éclat vif et un bruni parfait. Voilà pour le premier temps de l'opération.

Arrivé à ce point, on versera sur la plaque 3 ou 4 gouttes d'un mélange d'essence de térébenthine et d'alcool absolu, dans la proportion de 1 partie d'alcool pour 1 1/2 de térébenthine. On ajoutera un peu de ponce ou de tripoli que l'on étendra *légèrement* sur toute la surface de la plaque avec le même tampon qui a servi à l'opération précédente. Lorsque

(1) Pour verser goutte à goutte les liquides employés dans le polissage, nous les renfermons dans un petit flacon bouché avec un bouchon de liège, et au centre duquel nous fixons un très-petit tube de verre, ou tout simplement un tuyau de pipe.

le tripoli sera étendu régulièrement sur la couche d'argent, on l'y laissera sécher; il formera alors sur la plaque une croûte épaisse d'un blanc mat. En moins d'une minute, la dessiccation est complète, et, pour terminer le poli, il ne restera plus qu'à enlever la couche de tripoli. On prendra, à cet effet, un tampon neuf, et on frottera cette fois la plaque dans une direction transversale à l'image qu'on veut obtenir. En très-peu de temps le bruni sera parfait, et la plaque sera prête à être soumise à l'iodage.

Le poli que nous venons de décrire n'accélère en rien la formation des images photographiques; mais nous devons, en terminant; faire ressortir les autres avantages qui en résultent.

D'abord, la seule description que nous avons donnée du procédé indique assez qu'il doit présenter une grande économie de temps.

En second lieu, ce genre de poli est applicable à toutes les plaques, dans quelque état qu'elles se trouvent, neuves, avec épreuve fixée ou non fixée.

Nous avons remarqué, en outre, depuis que nous employons l'essence de térébenthine, que jamais aucune trace d'anciennes épreuves ne reparaissait sur la plaque. Cet effet remarquable doit être attribué, selon nous, à une action mécanique d'une nature particulière, que l'essence exercerait sur la couche d'argent. Cette propriété de l'essence de térébenthine a été utilisée depuis longtemps, avec succès, pour le perçage du verre et le forage des métaux (1). Nous sommes donc très-disposé à attribuer la supériorité incontestable du procédé de MM. Belfied et Foucault à une action mécanique exercée sur le métal par l'essence de térébenthine et les autres huiles essentielles; l'essence aurait pour effet la destruction et l'enlèvement complets de la couche d'argent combiné à l'iode. On opérerait donc sur une surface entièrement neuve; mais, par une suite nécessaire, les plaques ainsi traitées seraient plus promptement usées. C'est aussi ce que nous avons remarqué. Cette théorie nous paraît plus vraisemblable que l'efficacité de la couche de *vernis*, ou de *matière organique* à laquelle MM. Belfied et Foucault ont attribué une influence photogénique.

Un autre effet très-remarquable de l'essence de térében-

(1) Voir, à cet égard, un article inséré dans le *Technologiste*, t. II, p. 421.

thine est que les plaques ainsi polies peuvent absorber une bien plus grande quantité de substance accélératrice, sans qu'il en résulte l'inconvénieut que l'on a désigné sous le nom de *voile de brôme*, N° 59. On sait que, sur une plaque polie par les moyens ordinaires, le moindre excès de brôme se trahit par un nuage plus ou moins épais, qui obscurcit tout ou partie de l'image. Avec l'essence, au contraire, il faudrait que l'excès de brôme fût plus considérable pour donner naissauce à un voile sur l'épreuve; on pourra donc désormais brômer les plaques juqu'au maximum de sensibilité.

Enfin, M. Daguerre reconnaît lui-même que la présence d'une couche légère d'huile essentielle sur la plaque est très-propre à s'emparer de l'iode mis en liberté pendant l'exposition à la chambre noire, et à prévenir ainsi le fâcheux effet signalé récemment par MM. Choiselat et S. Ratel. Cet avantage, lors même qu'il serait le seul, suffirait pour mériter la préférence au procédé de MM. Belfied et Foucault.

II. *Polissage des plaques à l'essence de lavande, d'après les indications de* MM. Daguerre *et* Foucault.

22. M. Daguerre, tout en proscrivant le système du polissage des plaques proposé par MM. Belfied et Foucault, a indiqué néanmoins l'essence de lavande comme pouvant être substituée avantageusement à celle de térébenthine; cette modification, adoptée par M. Foucault, lui a permis de supprimer dans le poli l'emploi de l'alcool absolu, qu'il n'est pas facile de se procurer dans toutes les localités. Nous avons adopté nous-même le procédé ainsi simplifié, et toutes nos plaques sont polies exclusivemeut avec l'essence de lavande (1) et la ponce ou le tripoli. Rien de plus prompt et de plus facile que cette opération. On se couformera exactemeut à tout ce qui a été dit précédemment pour le premier temps du poli à l'essence de térébenthine; mais, arrivé au poiut où il faudrait étendre sur la plaque un mélange d'essence et d'alcool absolu, on se contentera d'y saupoudrer un peu de ponce ou de tripoli, et, avec un tampon de coton neuf, on frottera vivement, mais légèrement, en arrondissant; enfin, pour rétablir le poli transversal, on donnera un dernier coup en travers de la plaque, avec le même coton et un peu d'amidon en poudre très-fiue.

(1) Depuis quelque temps nous avons adopté l'essence de bergamote. Nous évitons ainsi les inconvénients inhérents à l'odeur désagréable et très-persistante de l'essence de lavande. On pourrait également employer l'essence de citron, etc., etc.

III. *Poli à l'acide sulfurique ou nitrique mélangé d'huile, par* M. DAGUERRE.

23. Dans la polémique qui s'est élevée entre M. Daguerre et MM. Belfied et Foucault, relativement au poli à l'essence de térébenthine, le célèbre inventeur, après avoir combattu la théorie présentée par ses adversaires (1), s'est cru obligé de proposer un autre mode de polissage des plaques, auquel il attribue la propriété de donner des images plus promptement, et d'éviter la *solarisation* des parties les plus claires, en établissant une sorte d'harmonie dans la reproduction de toutes les teintes.

S'il en était ainsi, M. Daguerre aurait ajouté un immense perfectionnement à l'art dont il est le créateur. Mais, au risque de nous attirer une de ces mercuriales que le maître distribue, un peu trop facilement peut-être, aux adeptes de sa découverte qui ne partagent pas ses opinions, lorsqu'ils n'ont pas l'honneur d'être des *savants distingués*, nous nous exprimerons avec franchise sur le polissage au moyen des acides mélangés d'huile. Nous avons expérimenté cette nouvelle méthode sous l'influence d'une prévention favorable, et avec tout le soin que nous commandait le nom seul de l'auteur; et nous n'avons pas trouvé qu'elle réalisât les avantages promis par M. Daguerre; ni sous le rapport de la promptitude, ni pour éviter la solarisation. Plusieurs amateurs de photographie, que nous avons consultés sur ce point, ont exprimé le même avis et donnent la préférence au polissage par les essences.

Quoi qu'il en soit, comme nous n'avons pas la prétention d'imposer à personne nos opinions personnelles; comme il est possible, d'ailleurs, qu'en d'autres mains le polissage par les acides mélangés d'huile arrive à un état de perfectionnement dont M. Daguerre lui-même exprime le désir et l'espoir, nous allons reproduire la description du procédé telle que l'inventeur l'a publiée.

« On mêle dans un flacon une huile fixe (l'huile d'olive m'a paru préférable) avec de l'acide sulfurique du commerce, et en égale quantité (2).

» Au moment du mélange, il s'opère une action très-vio-

(1) On se rappelle que nous n'adoptons pas la théorie de MM. Belfied et Foucault, et que nous avons essayé d'en donner une explication qui rentrerait dans les idées de M. Daguerre.

(2) La dose d'acide sulfurique pourrait être augmentée, car la proportion que j'indique ici n'est que pour faciliter l'emploi de cet acide.

lente, et le flacon s'échauffe vivement. Il faut, avant de s'en servir, le laisser refroidir.

» Alors on prend avec du coton un peu de ce composé, et on l'étend promptement sur la plaque; puis on frotte avec de la poudre de ponce jusqu'à ce que l'argent ait pris un poli bien noir. Il est important que cette couche d'huile et d'acide soit très-mince, quoiqu'elle ne s'oppose pas au contact de l'iode et de l'argent.

» On peut encore employer le mélange suivant, auquel je donnerais peut-être la préférence s'il ne fallait, avant de s'en servir, toujours avoir soin d'agiter le flacon.

» C'est une partie d'acide nitrique du commerce avec cinq parties d'huile d'olive. Après avoir bien remué ce composé, on peut l'employer immédiatement de la même manière que le précédent.

» On pourra sans doute faire des composés à l'aide de substances autres que l'huile d'olive et que l'acide sulfurique ou nitrique.

» J'ai remarqué qu'avec ces composés on obtient plus de promptitude qu'avec les essences, mais encore que les parties lumineuses se solarisent moins; ce qui donne lieu d'espérer qu'en persévérant dans cette voie, on arrivera bientôt à obtenir des épreuves dans lesquelles la végétation verte pourra être faite sans que le ciel ait pu dépasser son maximum de lumière, car tout le monde sait qu'au-delà de ce point les grands clairs deviennent bleus. Je crois que, pour parvenir à ce but, il est indispensable d'employer un acide.

» On peut ajouter à ces mélanges une petite quantité d'iode qu'on fera dissoudre préalablement dans l'huile avant d'y ajouter les acides. Il faut mettre dans l'huile assez d'iode pour la colorer fortement. »

IV. *Nouveau mode de polissage des plaques, adopté par* M. Claudet.

24. Notre ami M. Claudet, dont les épreuves toujours progressives excitent de plus en plus l'admiration des connaisseurs, a bien voulu nous communiquer le mode de polissage des plaques auquel il s'est arrêté en dernier lieu, et qui est suivi exclusivement dans le vaste établissement qu'il dirige.

Le principal but de M. Claudet a été d'écarter de la préparation des plaques l'emploi du coton, qui, comme on le sait, laisse toujours une couche limoneuse à la surface de l'ar-

gent. Pour arriver à cet important résultat, les plaques sont soumises à trois opérations successives : le douci ou poli préparatoire, le décapage et le brunissage.

Nous décrirons d'abord chacune de ces opérations, ainsi qu'elles se pratiquent dans les ateliers de M. Claudet; nous indiquerons ensuite les modifications que nous avons cru devoir y apporter.

1° *Poli préparatoire des plaques.*

Cette première opération a pour but, soit d'enlever les battitures que le planage a laissées à la surface de l'argent, soit de faire disparaître jusqu'à la dernière trace d'une épreuve qui n'a pas réussi, qu'elle ait été fixée ou non au chlorure d'or.

Le premier poli exige qu'on ait à sa disposition un tour en l'air (1); on montera sur les mandrins de ce tour un disque de bois de 12 à 15 millimètres (5 à 7 lignes) d'épaisseur, et de 20 à 30 centimètres (7 pouces 5 lignes à 11 pouces) de diamètre, suivant la dimension des plaques qu'on aura à polir. Ce disque sera d'abord recouvert d'une étoffe épaisse de laine ou de coton, et par-dessus cette première étoffe on tendra exactement un morceau de velours de coton blanc (2), sans apprêt et sans teinture, et qu'on aura fait bouillir pendant une heure dans de l'eau bien propre, et parfaitement sécher.

On prendra alors la plaque à polir, on y versera quelques gouttes d'huile d'olive, et on y saupoudrera un peu de poudre de ponce ou de tripoli; on appliquera la surface de l'argent contre le velours du disque, et on la maintiendra dans cette position au moyen d'une planchette de bois garnie d'une couche de caoutchouc, qu'on pourra amollir à l'aide de la chaleur ou de quelques gouttes d'huile essentielle, pour la faire adhérer sur le cuivre de la plaque. On mettra alors le tour en mouvement, et on fera parcourir successivement à la plaque toute la superficie du disque de velours, afin que, par l'effet de l'excentricité, les traits du poli se trouvent croisés dans tous les sens. On aura soin de ne pas appuyer trop fortement, dans la crainte d'amincir à l'excès la couche d'argent et de rendre le poli trop rude. En très-peu de temps la surface de la plaque sera parfaitement dressée, très-unie et régulièrement doucie.

(1) Le tour horizontal employé par les opticiens est également propre à cet usage.

(2) Ces étoffes seront facilement tendues sur le disque de la même manière qu'un bouton l'est sur son moule.

2° *Décapage des plaques.*

Il s'agit maintenant de débarrasser les plaques de la couche d'huile adhérente à leur superficie, qui ternit leur éclat, et qui présenterait un obstacle à l'action photogénique. On y parvient facilement en les faisant bouillir pendant environ une demi-heure dans une dissolution saturée de sous-carbonate de soude. On les en retire ensuite une à une, on les plonge dans l'eau bouillante, et on les essuie à mesure sur un morceau de calicot très-propre, que l'on maintient tendu sur la cuisse. Les plaques sont alors prêtes à subir le dernier poli dont nous allons nous occuper.

3° *Brunissage des plaques.*

On monte sur le tour en l'air un autre disque garni de velours de coton parfaitement propre; on y saupoudre une très-petite quantité de rouge d'Angleterre, on y applique la surface argentée de la plaque, et en quelques tours elle acquiert un bruni parfait et d'un noir remarquable.

Pour terminer, il ne reste plus qu'à rétablir la direction transversale du poli, qui, comme on le sait, doit être perpendiculaire par rapport à l'image qu'on veut obtenir. On aura, à cet effet, une polissoire en bois ayant un manche qu'on puisse tenir à la main, et rappelant, dans de plus grandes dimensions, la forme d'un cuir à rasoirs. Cette polissoire sera garnie d'une ou deux épaisseurs de drap, et recouverte de velours de coton. On y saupoudrera quelques atomes de rouge d'Angleterre; prenant alors d'une main la polissoire, et maintenant la plaque avec l'extrémité des doigts de l'autre main, on frottera vivement, mais très-légèrement, jusqu'à ce que le poli ait pris la direction voulue.

Le procédé de polissage des plaques indiqué par M. Claudet nous paraît excellent. Nous approuvons surtout ces frottements vifs et répétés, exercés sur la plaque, parce que nous les croyons de nature à y développer une sorte d'électricité qui, dans les idées de MM. Möser, Daguerre et autres personnes, doit favoriser l'action photogénique. Ces frottements ont, en outre, l'avantage, en échauffant la plaque, de rendre l'iodage plus prompt, plus facile et plus égal.

Toutefois, plusieurs des opérations que nous venons de décrire ne peuvent être convenablement exécutées qu'en grand et dans un atelier. Nous avons donc, pour notre usage, mo-

difié le polissage de M. Claudet, en le combinant, autant que possible, avec la méthode de MM. Belfied et Foucault.

Ainsi, le poli préparatoire a bien lieu sur le tour, et au moyen d'un disque en velours, mais nous remplaçons l'huile par l'essence de lavande. Cette modification nous permet de supprimer entièrement la seconde opération de M. Claudet, car nous n'avons plus à dégraisser les plaques, et nous évitons ainsi le désagrément causé par le cambouis mêlé d'huile qui s'attache aux doigts d'une manière persistante. Enfin, dans la troisième opération, nous substituons au rouge d'Angleterre, dont nous avons signalé les effets nuisibles, la ponce ou le tripoli. Ces deux dernières substances, préparées avec le soin que nous avons recommandé, donnent un bruni aussi parfait et plus exempt de matières qui restent adhérentes à la plaque.

CONCLUSION.

25. De toutes les méthodes de polissage que nous venons de décrire, nous préférons celles où l'on fait usage d'huiles essentielles. Peut-être découvrira-t-on quelque autre substance encore plus parfaite : la photographie est un art essentiellement progressif; le daguerréotype est aujourd'hui entre les mains de plusieurs savants distingués, et des milliers d'amateurs actifs, intelligents, laborieux, en font chaque jour leur étude favorite; tant d'efforts réunis et stimulés par la publicité doivent amener nécessairement une foule de perfectionnements utiles. Nous ne saurions donc trop recommander aux personnes qui se livrent à la photographie de se tenir en garde et contre l'obstination d'une routine stationnaire, et contre la mobilité d'un engouement passager. Qu'on ne craigne pas de renoncer franchement à des convictions anciennes, lorsque des innovations d'une utilité évidente viendront les contredire; *que chacun surtout publie sans restriction et sans réticence le résultat de ses essais*, et nous verrons alors la photographie se dégager peu à peu des voiles qui l'environnent encore, et devenir une science positive, conduisant à des résultats certains.

26. M. Daguerre a publié, dans le courant de l'année dernière, un nouveau procédé très-compliqué pour le polissage des plaques; il consistait à les frotter successivement avec des solutions de sels de mercure, de platine et d'or. Dans les idées de l'inventeur, cette combinaison de métaux divers à la surface de la plaque la rendait susceptible de recevoir une

couche sensible plus épaisse, on n'avait plus à craindre la formation *du voile de brôme*, et les radiations lumineuses devaient être reproduites avec toutes leurs teintes et leurs dégradations relatives.

Malheureusement l'expérience n'est pas venue confirmer les résultats annoncés; le procédé a échoué dans les mains de tous ceux qui l'ont essayé, et nous en sommes à regretter qu'il ait été publié sous le nom du célèbre inventeur.

CHAPITRE II.

DE L'IODAGE ET DES SUBSTANCES ACCÉLÉRATRICES.

ARTICLE Ier. — DE L'IODAGE.

Iodage simplifié, 27. — Diverses boîtes à iode, 28; — Soins à donner à la boîte, 29-30. — Epoussetage de la plaque, 31. — Manière d'ioder, 32. — De la teinte convenable, 33. — De l'iodage fait à l'avance, 34.

27. Les plaques une fois polies, il s'agit de les revêtir de la couche sensible qui, impressionnée diversement par les intensités différentes de la lumière, reproduira l'image reçue dans la chambre noire. On y parvient au moyen de l'iodage. Cette opération, autrefois assez difficile et assez compliquée, est devenue extrêmement simple, par les perfectionnements qui ont été faits à la boîte à iode.

Les difficultés qui se présentaient pour apprécier dans l'obscurité les teintes successives de la couche d'iode, n'existent plus depuis qu'on a reconnu la possibilité d'ioder la plaque à la lumière diffuse. Il devient alors très-facile de s'arrêter à la nuance exigée pour la réussite du procédé.

Toutefois il ne faut pas oublier qu'un bon iodage est la base de toutes les opérations subséquentes; on doit donc y apporter tous ses soins, et prendre toutes les précautions nécessaires pour obtenir une couche d'iode homogène et répartie également sur toute la surface de la plaque; car *tel est l'iodage, telle est la couche de substance accélératrice.*

28. Nous avons dit que la boîte à iode de M. Daguerre avait subi de notables perfectionnements. On les doit surtout à MM. Séguier et de Brébisson. Les appareils imaginés par ces deux amateurs éclairés de la photographie sont maintenant

connus et adoptés par tout le monde. Nous en donnerons donc une description très-succincte.

Dans la boîte à iode de M. Séguier, l'iode en grains est disséminé entre deux cardes de coton recouvertes d'une planchette qui s'imprègne constamment des vapeurs de l'iode et les communique à la plaque métallique lorsqu'on les place en regard. Il est évident que chaque côté de la planchette est alternativement saturé d'iode, puisque chacun d'eux se trouve exposé tour à tour aux vapeurs de l'iode pendant que l'autre regarde la plaque. Dans les appareils de M. Lerebours, la planchette de bois de M. Séguier est remplacée par une feuille de carton qui produit le même effet. (*Pl*, Ire, *fig.* 7 et 20.)

Le système de M. de Brébisson diffère peu de celui de M. Séguier; seulement, au lieu d'iode en grains, M. de Brébisson emploie une solution éthérée d'iode qu'il applique avec un pinceau doux sur une feuille de papier ou de carton qu'il colle elle-même sur une feuille de verre.

MM. Ch. Chevalier et Foucault ont combiné d'une manière heureuse les systèmes de boîte à iode de MM. Séguier et de Brébisson. Dans cette nouvelle disposition, la couche d'iode est collée avec de la gomme arabique sur une feuille de verre qui forme le fond de la boîte. Les vapeurs d'iode sont reçues sur une feuille de verre revêtue de papier des deux côtés, et de là transmises à la plaque. On retourne cette planchette de verre lorsque l'iodage ne marche pas assez rapidement. On peut encore, suivant l'indication de M. Daguerre, remplacer la planchette de verre par une tablette de faïence dont on a usé l'émail, ou enfin par une planchette en plâtre.

Quel que soit le système adopté, la boîte à iode doit toujours être entièrement doublée en verre.

29. On peut adopter avec avantage l'une ou l'autre méthode, mais dans tous les cas on aura soin, pour éviter l'évaporation de l'iode, de tenir la boîte qui le renferme exactement fermée avec un refouloir en verre qui comprimera le coton cardé, ou le carton. Quoiqu'il soit avantageux, surtout en voyage, de pouvoir ménager l'espace, on évitera, autant que possible, de renfermer la boîte à ioder dans la chambre noire : sans cette précaution, il pourrait arriver que les parois du daguerréotype imprégnées des émanations de l'iode exerçassent une influence fâcheuse sur la plaque lors de son exposition aux rayons lumineux. C'est ainsi que l'on a vu des daguerréotypes donner con-

stamment des résultats nuls, sans qu'on pût d'abord déterminer la cause de cette singularité.

S'il arrivait que la chambre noire se trouvât imprégnée d'émanations iodiques, on y remédierait par une exposition prolongée à l'air et à la lumière.

30. Avant de procéder à l'iodage, il est essentiel de prendre quelques précautions indispensables pour la réussite de cette opération. Quelque soin que l'on ait apporté à la construction de la boîte à iode, les vapeurs qui se dégagent incessamment à l'intérieur finissent par saturer ses parois, même lorsqu'elles sont garnies de verre, et il en résulte une grande tendance à ioder plus fortement les bords de la plaque. On remédie à cet inconvénient en essuyant parfaitement les bords et les parois de la boîte à iode avec un tampon de coton légèrement humecté d'hyposulfite. Nous recommandons de ne jamais omettre ce soin au commencement des opérations, surtout lorsque la boîte à iode est restée plusieurs jours inactive, parce qu'il se trouve alors une plus grande quantité d'iode accumulé sur les parois. Quelquefois, malgré cette précaution, la boîte persiste encore à ioder plus fortement les bords que le centre de la plaque. Il faut alors avoir une feuille de carton de la même grandeur que la planchette saturée d'iode. On découpe le milieu de ce carton de manière à en faire une espèce de cadre ayant tout autour un bord de 10 à 15 millimètres (5 à 7 lignes). Ce cadre, après avoir reçu deux ou trois couches de vernis pour l'empêcher d'absorber l'iode, est placé sur la planchette iodée en même temps que l'on expose la plaque au-dessus de la boîte. On comprend qu'à l'aide de cet artifice, les vapeurs latérales de la boîte sont interceptées et n'arrivent plus qu'affaiblies sur les bords de la plaque, ce qui rétablit l'équilibre de l'iodage. Toutefois, si en regardant la plaque on s'apercevait que ses bords se trouvassent en retard, il faudrait se hâter d'enlever le cadre de carton et continuer l'iodage. D'autres fois, mais plus rarement, c'est le milieu de la boîte qui iode trop fortement. On pourra encore corriger ce défaut par un moyen analogue, mais en sens inverse; c'est-à-dire qu'il faudrait masquer le milieu de la planchette iodée en y plaçant momentanément un ovale de carton verni. Ces moyens, combinés et appliqués avec discernement par un opérateur intelligent, permettront d'amener à bien beaucoup d'iodages qu'il aurait fallu recommencer.

On avait conseillé, dans l'origine du daguerréotype, de chauf-

fer légèrement le milieu de la plaque pour neutraliser la tendance de l'iode à se porter sur les bords; mais ce procédé est loin d'être aussi efficace que ceux qui viennent d'être indiqués.

31. Une autre précaution qu'il ne faut jamais négliger, c'est d'enlever avant l'iodage tous les petits corpuscules ou filaments qui peuvent rester adhérents à la surface de la plaque après le poli. On arrachera à cet effet une forte pincée de coton neuf à la carde, et on époussetera légèrement la plaque en la tenant l'argent en dessous, jusqu'à ce qu'elle soit parfaitement nette; car s'il restait à sa superficie les moindres particules de poussière, elles s'opposeraient à l'absorption de l'iode dans les points qu'elles occupent, et la plaque, demeurée inerte en ces endroits, conserverait son poli qui se traduirait, lors de l'exposition à la lumière, par des points noirs indélébiles. S'il arrivait, lorsqu'on examine la plaque pour constater les progrès de l'iodage, qu'on aperçût encore quelques corpuscules à la superficie, il ne faudrait pas craindre de les enlever sur-le-champ par un nouvel époussetage avec un pinceau de coton. On peut encore faire disparaître toute espèce de poussière en agitant vivement la plaque en l'air, l'argent en dessous. Au surplus, on pourra toujours, *sans aucun inconvénient*, épousseter *très-légèrement* la plaque avec du coton, toutes les fois qu'elle en aura besoin, pendant l'iodage et même pendant son exposition aux substances accélératrices. Il ne faut pas croire, en effet, suivant une erreur encore très-répandue parmi les personnes peu instruites, que l'iodage existe en couche *superposée* à la surface de l'argent; il se forme au contraire à la superficie de la plaque une véritable *combinaison* de l'iode avec l'argent, un iodure d'argent, qui peut très-bien supporter sans altération un léger frottement, et qui n'est détruit que par un poli énergique. Ce fait devient d'une évidence manifeste par la difficulté qu'on éprouve à enlever la couche sensible sur une plaque déjà impressionnée.

32. Passons maintenant à la manière d'ioder. Après avoir fixé la plaque sur sa planchette et l'avoir bien époussetée, ainsi que nous venons de le dire, on placera cette planchette sur la boîte à iode, de manière à ce qu'elle la recouvre le plus hermétiquement possible; car, si par quelqu'ouverture le moindre courant d'air pouvait pénétrer dans la boîte, il en résulterait nécessairement un iodage inégal. On retournera souvent la plaque bout pour bout, afin d'égaliser autant que possible l'é-

mission des vapeurs d'iode; on regardera aussi de temps en temps la plaque en interposant entre elle et la lumière une feuille de papier blanc, pour constater, par les diverses nuances qu'elle prendra, les progrès de l'iodage et surtout sa régularité. Nous avons indiqué, N° 30, les précautions à prendre pour égaliser la couche d'iode, il est inutile de revenir sur ce point.

33. Au bout de quelques instants l'argent prendra une légère teinte jaune-paille, à laquelle succède le jaune citron, puis le jaune d'or, le jaune orangé, le jaune mêlé de rose, le rose tendre, le rose velouté, le rose rouge, le rose pourpre, le rose violâtre, la nuance gorge de pigeon, le bleu, le bleu foncé, enfin le vert foncé.

Mais à laquelle de ces nuances faut-il s'arrêter? C'est une question sur laquelle les avis sont bien partagés, les uns se prononcent pour les iodages pâles, les autres pour les teintes foncées. Toutefois on ne discute ici que faute de s'entendre, et il y aurait un moyen facile de mettre tout le monde d'accord, puisqu'en effet il n'est pas une seule des nuances indiquées plus haut qui ne doive être tour à tour préférée, suivant la nature de la substance accélératrice qui doit être appliquée après l'iodage. C'est donc en parlant des substances accélératrices que nous spécifierons la nuance d'iodage qui convient à chacune d'elles. Toutefois nous devons dès à présent poser comme un principe constant en photographie, que les plus belles épreuves sont toujours obtenues sur des plaques qui portent une couche sensible plus épaisse et par conséquent plus foncée en couleur. La raison en est facile à concevoir: une image daguerrienne n'est pas autre chose que le résultat de l'altération, à différents degrés de profondeur, de la couche impressionnable à la lumière; or, si cette couche est infiniment mince, on n'obtiendra évidemment que les teintes extrêmes, et la vigueur du tableau ira souvent jusqu'à la sécheresse (1); mais, si, au contraire, on opère sur une couche d'une richesse suffisante, il y aura place sur l'image pour toutes les dégradations de teintes, les contours seront adoucis, les nuances admirablement fondues, le modelé irréprochable; en un mot, l'image présentera un ensemble harmonieux, bien préférable à ces oppositions heurtées, si fatigantes pour les yeux, surtout dans les portraits photographiques.

(1) On s'exposera en outre à solariser les épreuves; car, plus la couche impressionnable est mince, plus vite elle est traversée par la lumière; or, on sait que la solarisation arrive lorsque l'action lumineuse, ne trouvant pas à pénétrer plus avant, s'étend latéralement et confond tous les traits dans une même teinte.

34. Il est aujourd'hui démontré qu'une plaque iodée plusieurs heures et même un jour à l'avance, et tenue avec soin à l'abri de la lumière, est tout aussi sensible à l'action photogénique que celle qui a reçu l'iodage quelques minutes avant d'opérer. Il en serait encore de même d'une plaque qui, après l'iodage, aurait été soumise à l'action des substances accélératrices, elle pourrait également être employée plusieurs heures après sa préparation, sans avoir rien perdu de sa sensibilité. Sans doute cette propriété pourra être mise à profit toutes les fois qu'allant travailler dans la campagne, on sera bien aise d'emporter avec soi des plaques toutes préparées. Mais dans l'usage ordinaire, il y aura toujours un grand inconvénient à préparer les plaques à l'avance, car on a beau les soustraire à l'influence de la lumière, on a beau les serrer dans des boîtes pour les mettre à l'abri de la poussière, elles se recouvrent en peu de temps d'une infinité de taches auxquelles il est difficile d'assigner une cause, mais qui deshonorent les plus belles épreuves.

ARTICLE II. — DES SUBSTANCES ACCÉLÉRATRICES.

Importance des substances accélératrices, 35; — Difficultés qui résultent de leur emploi, 36; — Inconvénients de leur multiplicité, 37-38; — Nécessité de les préparer soi-même, 39; — Précautions hygiéniques à prendre, 40; — Principes généraux pour l'application de ces substances, 41.

35. Nous voici arrivé à la partie la plus importante de ce travail, car la découverte des substances accélératrices a donné une impulsion décisive à la photographie en doublant les ressources de l'appareil de M. Daguerre. Les plaques sont aujourd'hui douées de la sensibilité la plus exquise; on peut donc opérer par tous les temps, et la durée de l'exposition dans la chambre noire ne se calcule plus que par secondes. Enfin, c'est aux substances accélératrices qu'on doit la possibilité de faire les portraits.

36. Toutefois, il faut le dire, l'extrême rapidité qu'on obtient à l'aide des substances accélératrices est venue apporter de nouvelles complications et de nouvelles difficultés au procédé déjà si délicat de M. Daguerre, et l'on peut dire que sur 30 épreuves manquées, il y en a au moins 25 où il faut s'en prendre à la substance accélératrice; car, on comprend facilement que l'exposition de la lumière étant abrégée de 30 à 40 fois le temps ordinaire, les erreurs dans la durée de cette ex-

position deviennent et plus faciles, et plus fréquentes, et plus désastreuses.

Mais ce n'est pas encore là l'écueil le plus dangereux, il faut y ajouter la difficulté de préparation des substances accélératrices, et la difficulté, plus grande encore, de les appliquer sur la plaque en quantité convenable et dans de justes proportions avec l'iodage préalable. Ce sont là des obstacles sérieux qu'on ne peut vaincre qu'à l'aide d'une volonté ferme et d'un travail persévérant. Ces obstacles, surmontés sans cesse et sans cesse renaissants, seraient de nature à décourager les adeptes les plus fervents, si la photographie n'était pas un art des plus attachants, peut-être par les difficultés mêmes qu'il présente, et si les admirables résultats auxquels tout le monde finit par arriver ne faisaient pas oublier promptement les ennuis et les contrariétés de l'insuccès. Il n'est personne, en effet, qui n'ait éprouvé ces alternatives de découragement, et ces recrudescences de zèle qui semblent ajouter un nouveau charme aux incertitudes des opérations photographiques. Si le succès était toujours certain et déterminé à l'avance, le daguerréotype, descendu à l'état de machine inintelligente, tomberait bientôt dans l'oubli; mais ici la réussite est toujours problématique, même entre les mains des plus habiles, et il en résulte pour chacun le même intérêt, le même attrait qu'excite la solution d'un problème algébrique.

37. Une des choses qui a peut-être le plus contribué à décourager les amateurs de photographie, à jeter la perturbation et l'incertitude dans leurs idées, et à retarder les progrès de l'art lui-même, c'est l'immense variété des combinaisons accélératrices qui ont été tour à tour proposées, adoptées avec enthousiasme, puis remplacées par d'autres plus nouvelles. A peine avait-on eu le temps de se familiariser avec une de ces substances, que l'apparition d'un nouveau composé venait détruire tout le fruit d'un long travail, en soumettant l'élève à de nouveaux essais. Que de controverses n'a-t-on pas soutenues pour la défense de telle ou telle de ces substances! Combien de lances chaque inventeur ne s'est-il pas cru obligé de rompre en faveur de son procédé! Les uns, dans le seul intérêt du progrès de l'art, et n'ayant en vue que la gloire d'attacher leur nom à une découverte, ont publié de bonne foi les formules qui leur paraissaient donner les plus beaux résultats. D'autres, plus avides d'argent que de renommée, se sont mis à prôner et à exploiter, aux dépens du public, de mystérieuses

recettes, de prétendues liqueurs photogéniques, de soi-disant merveilleuses *sauces* (1) vendues par eux au poids de l'or, et auxquelles ils attribuaient des résultats fabuleux qui cessaient de se reproduire entre les mains de l'acheteur moins expérimenté. Et si, par hasard, la merveilleuse liqueur produisait pendant quelques jours de bonnes épreuves, il survenait bientôt une série d'insuccès qui forçait l'acheteur trop confiant de recourir de nouveau à l'officine du vendeur. Nous ne prétendons pas dire, néanmoins, que ces liqueurs, dont on a si scandaleusement trafiqué, soient toutes essentiellement mauvaises; mais les présenter comme supérieures à toutes celles dont la formule est connue, affecter un secret qui n'existe pas dans leur préparation, et profiter de la crédulité du public pour les lui vendre dix fois leur valeur, voilà le charlatanisme, voilà la déception!

38. Les amateurs de photographie ont été trop longtemps tributaires de ces spéculations éhontées. Il faut enfin qu'on le sache, presque toutes les substances accélératrices, *convenablement préparées et employées à propos*, donnent des résultats à peu près égaux; et nous avons vu de très-belles épreuves produites et par le chlore, et par le brôme, soit isolément (2), soit combinés entre eux et avec l'iode, tant à l'état de dilution que sous la forme de vapeur. La seule différence bien appréciable qui existe entre les diverses substances, ne consiste que dans le plus ou moins de facilité de leur préparation ou de leur emploi, et surtout dans la promptitude, plus ou moins grande, dont elles sont douées. On peut donc, en toute sécurité, sous les autres rapports, professer un indifférentisme à peu près absolu entre ces différentes substances. C'est en partant de ce principe, que nous nous croyons obligé d'indiquer avec soin la préparation de toutes les combinaisons que nous avons expérimentées par nous-même, et d'indiquer minutieusement la manière de les employer.

39. Les deux seuls corps qui, jusqu'ici, aient été reconnus propres à stimuler la lenteur de l'iode, sont: le chlore et le brôme. Ils ne sont point photogéniques par eux-mêmes, c'est-à-dire, qu'employés seuls, ils ne formeraient point avec l'argent une combinaison capable de recevoir l'impression lumineuse.

(1) En quelles mains le daguerréotype est-il donc tombé, pour qu'on en soit venu à employer un pareil *argot!* A-t-on donc oublié que cette admirable découverte, fille de la chimie et de l'optique, ne doit emprunter ses termes qu'à la nomenclature scientifique?

(2) Mais toujours après un iodage préalable.

Mais si on s'en sert après avoir déjà formé sur la plaque une couche d'iodure d'argent, cette dernière acquiert aussitôt une sensibilité exquise. On a donc appelé substances accélératrices, tous les composés de chlore et de brôme avec l'iode; et comme ces trois substances peuvent être mélangées dans une foule de conditions ou de combinaisons différentes, il en est résulté un grand nombre de substances accélératrices qui ont reçu diverses dénominations, et dont nous traiterons successivement.

Mais nous devons auparavant insister d'une manière toute particulière sur un point qui nous paraît de la plus haute importance. La plupart des amateurs se contentent d'acheter leurs substances accélératrices toutes préparées, soit au moyen de formules connues, soit par voie empirique. Cependant il est tout-à-fait indispensable, pour plus d'une raison, que chacun sache préparer lui-même les combinaisons qu'il emploie, et ce n'est qu'à cette condition qu'on peut espérer de triompher entièrement des difficultés que présente la photographie. On sait que tous les composés de brôme, de chlore et d'iode, sont de leur nature peu stables, c'est-à-dire que leur composition se modifie spontanément, de sorte qu'en peu de temps et dans les mêmes conditions, ils cessent de produire les effets qu'on devait en attendre. Comment pourra-t-on alors rétablir ces composés dans leur état primitif, si, par une étude attentive, on n'est pas arrivé à reconnaître, de prime abord, la nature des modifications qu'ils éprouvent? Souvent, alors, on ne fera qu'augmenter le mal au lieu d'y remédier. Il faudra donc recourir de nouveau au préparateur qui aura fourni cette substance. Mais qui pourra alors garantir que cette nouvelle substance jouira des mêmes propriétés que la première? N'aura-t-on pas lieu de craindre que, par une préparation anticipée, et par un séjour prolongé en magasin, elle n'ait déjà perdu ses propriétés primitives? Si l'on ajoute à ces inconvénients les difficultés que l'on éprouve à se procurer les substances accélératrices dans un rayon un peu éloigné de Paris, et les altérations que ces substances éprouvent nécessairement en voyage, on sera de plus en plus convaincu de la nécessité de les préparer soi-même, et, avec un peu d'attention et de persévérance, on y parviendra facilement. Enfin, il est de la plus grande utilité pour l'expérimentateur de se familiariser, dès le début, avec l'emploi de toutes les substances accélératrices. Car, si, entraîné par la routine ou par le préjugé, il adoptait une seule de ces substances, à l'exclusion des autres,

il lui deviendrait ensuite très-difficile de se mettre au courant des progrès ultérieurs qui viendront enrichir la photographie. Or, pour employer tour à tour les diverses substances, il faut savoir les manipuler soi-même.

40. Il est de notre devoir de prévenir nos lecteurs que la préparation des substances accélératrices doit être accompagnée de certaines précautions, si l'on veut éviter les dangers que pourrait occasioner la manipulation imprudente des agents chimiques qui les composent. Le chlore et le brôme sont de violents corrosifs, il faut donc bien prendre garde d'en répandre sur ses mains, sur ses vêtements, et surtout d'en faire rejaillir dans les yeux. Si ces accidents arrivaient, il faudrait laver à l'instant la partie atteinte avec une solution d'hyposulfite de soude que l'on aura toujours à sa portée.

En outre, ces deux corps extrêmement volatils, répandent des émanations fétides et délétères que l'on doit éviter de respirer trop longtemps; c'est pour cela qu'il sera toujours préférable d'opérer les mélanges à l'air libre.

Mais ce qu'on doit éviter par-dessus tout, c'est un séjour prolongé dans une atmosphère imprégnée des vapeurs continues et presqu'insensibles de brôme et d'iode. Telle serait une chambre dans laquelle il existerait, à demeure, des flacons remplis de solutions de ces substances. Les vapeurs incessantes qui se dégagent, malgré la fermeture hermétique des bouchons ajustés à l'émeri, paraissent innocentes, parce qu'elles sont à peine appréciables à l'odorat, mais il n'en est pas moins vrai qu'elles occasionnent des accidents graves lorsqu'elles sont passées, en quelque sorte, dans l'économie par une absorption lente et prolongée. A l'appui de cette recommandation, nous pouvons malheureusement citer notre propre exemple; car, ayant eu l'imprudence de coucher pendant trois semaines dans une pièce où séjournaient de nombreux flacons de substances accélératrices, nous avons éprouvé de violents accidents nerveux, suivis d'une névrose qui n'a pas encore cédé à un traitement de plus d'un an.

41. Chacune des substances accélératrices exige, pour son emploi, des soins particuliers que nous indiquerons en leur lieu. Mais toutes les substances sont soumises à des principes généraux que nous allons exposer en peu de mots, afin qu'on les ait toujours présents à l'esprit.

1° L'uniformité de la couche sensible est toujours une conséquence de celle de l'iodage.

2° La quantité de substance accélératrice doit être proportionnée à l'intensité de l'iodage préalable. En-deçà et au-delà d'une juste mesure, on n'obtient rien de bon.

3° Par réciproque, l'iodage doit toujours être réglé sur la proportion de chlore ou de brôme contenue dans la liqueur accélératrice.

4° Plus la plaque est sensible, plus il est facile de se tromper sur la durée de l'exposition à la lumière. *Voir* le N° 36.

5° Plus la couche sensible est épaisse, plus l'épreuve offrira de douceur et de modelé.

SECTION Ire. — DU CHLORE ET DE SES COMBINAISONS.

Son emploi en photographie, 42.

42. Le chlore est la première substance qu'on ait songé à employer, sans doute à cause des nombreux rapports chimiques qui existent entre lui et l'iode. Toutefois, on s'est rarement servi de cette substance à l'état gazeux, mais, en revanche, on l'a souvent combinée avec l'iode ou avec d'autres corps, et, aujourd'hui même, que l'on a reconnu dans le brôme une plus grande énergie d'action photogénique, le chlore a été admis avec avantage dans plusieurs combinaisons de brôme et d'iode.

§ Ier. DU CHLORURE D'IODE.

Sa découverte, 43; — Sa préparation, 44; — Son emploi, 45; — Ses avantages et ses inconvénients, 46.

43. C'est à M. Claudet, français, domicilié à Londres, et l'un des cessionnaires, en Angleterre, du brevet de M. Daguerre, qu'on doit la découverte du chlorure d'iode, la première en date de toutes les substances accélératrices qu'on ait employées en photographie. La France peut donc encore revendiquer pour un de ses enfants la priorité de ce remarquable perfectionnement qui semble avoir ouvert la voie à tous les autres. Nous insisterons d'autant plus sur les droits de M. Claudet, qu'on n'a pas craint de les lui contester récemment, dans un article d'un journal allemand, signé du Dr Reindl (1).

44. Quoique la préparation du chlorure d'iode soit difficile et dangereuse, et doive être confiée à un chimiste, nous l'indi-

(1) On peut voir la réfutation de cet article dans les *Mélanges photographiques* de M. Ch. Chevalier (Paris, 1844). Au reste, rien ne doit plus surprendre de la part de certains Allemands; et il est tout naturel qu'après avoir cherché à confisquer, au profit de MM. Woitglander, Petzval, Ettinghausen et autres, l'invention toute française du double objectif achromatique, ils aient aussi essayé d'attribuer à MM. Kratschville et Natzerer la découverte de M. Claudet.

querons néanmoins en faveur des personnes qui ne seraient pas à portée de se le procurer tout préparé.

On met dans une cornue de verre du peroxyde de manganèse; on y verse *peu à peu* de l'acide chlorhydrique, et, au moyen d'un tube de verre recourbé, on fait communiquer la cornue avec un matras contenant l'iode en grains. On applique une légère chaleur sur la panse de la cornue, avec une lampe à esprit-de-vin : le chlore se dégage et liquéfie peu à peu l'iode en s'y combinant. On devra cesser de faire dégager du chlore, aussitôt que le liquide résultant aura atteint la couleur rouge, car si l'on arrivait à la couleur *jaune*, le chlorure d'iode obtenu serait impropre à la photographie, parce qu'il contiendrait alors un excès de chlore. Lorsqu'au contraire, au bout d'un certain temps, le chlorure d'iode est devenu noir, c'est une preuve qu'il s'est appauvri en chlore, et il faudra y remédier, en lui faisant absorber un peu de ce gaz.

Au lieu d'un matras et d'une cornue, on pourra, si l'on opère sur une petite échelle, remplacer le premier par un flacon bouchant à l'émeri qui contiendra l'iode, et la cornue par une fiole à médecine, qu'on fera communiquer avec le flacon au moyen d'un tube de verre; l'opération sera dirigée comme nous l'avons dit.

Le chlorure d'iode une fois obtenu sera renfermé dans un flacon soigneusement bouché à l'émeri; et autant que possible on le tiendra à l'abri de la lumière (1).

Cette substance agit sur les tissus animaux à la manière des caustiques les plus violents. On évitera donc avec le plus grand soin d'en laisser tomber sur la peau et d'en respirer trop longtemps les vapeurs.

45. Dans le commencement, on employa le chlorure d'iode pur en diverses manières qu'il est inutile de rappeler, puisque ce procédé est aujourd'hui complètement abandonné. On reconnut bientôt qu'il y avait un immense avantage à l'étendre d'une grande quantité d'eau. Il en résulte une évaporation moins tumultueuse, plus lente et mieux réglée, qui impressionne la plaque uniformément. C'est ainsi que sont composées la liqueur dite *allemande* et la plupart des préparations qui se débitent chaque jour sous le nom de liqueurs photogéniques, etc., etc.

Voici la meilleure manière de préparer la solution de chlo-

(1) On pourra, à cet effet, coller sur le flacon une bande de papier noir. Toutes les substances accélératrices étant plus ou moins sensibles à l'influence de la lumière, on devra ainsi protéger les flacons qui les contiennent.

rure d'iode : dans 25 centilitres d'eau ordinaire on ajoute 12 à 15 grammes (3 à 4 gros) de chlorure d'iode rouge. On agite le flacon ; on laisse déposer un peu d'iode qui se précipite, et la liqueur obtenue peut servir immédiatement.

On verse 1 à 2 centimètres (5 à 10 lignes) d'épaisseur de ce liquide dans la cuvette à brômer, et on soumet la plaque, convenablement iodée, à l'évaporation du chlorure d'iode, jusqu'à ce qu'elle ait pris une belle couleur rose *rouge*, caractère ordinaire du maximum de sensibilité.

Mais à quel point faut-il ioder préalablement la plaque avant de la soumettre aux vapeurs du chlorure? La décision de cette question dépend tout-à-fait de la *nature* du chlorure d'iode qu'on a employé pour faire la solution. Si ce chlorure était d'une couleur rouge clair, c'est-à-dire riche en chlore (N° 44), la plaque pourrait être iodée sans inconvénient jusqu'au jaune foncé (N° 33). Si, au contraire (et c'est le cas le plus fréquent), la couleur rembrunie du chlorure d'iode indiquait un excès d'iode, il faudrait se contenter d'un iodage jaune pâle, et l'on pourrait même quelquefois le supprimer complètement.

46. L'emploi du chlorure d'iode ne présente aucune difficulté sérieuse, et il est bien rare que par son moyen on n'obtienne pas une épreuve. Cette liqueur doit donc être adoptée de préférence par les commençants, dont il est bon de stimuler le courage par une réussite à peu près certaine. Mais aussitôt qu'on aura vaincu les premières difficultés de la photographie, il vaudra mieux recourir aux préparations où il entre du brôme, substance plus énergique et plus prompte que le chlore.

§ II. DU CHLORE ÉTENDU D'AIR.

Découverte, — Préparation, — Emploi, 47.

47. Le professeur Barnard annonce qu'il est parvenu à obtenir des épreuves tout-à-fait instantanées en faisant usage du chlore étendu d'air atmosphérique pour activer la sensibilité de la couche d'iode. Nous n'avons pas encore expérimenté cette méthode. En voici la description :

Dans un flacon contenant une très-petite quantité de chlore, on introduit de l'air atmosphérique jusqu'à ce que le gaz puisse être respiré sans éprouver de sensation pénible ou désagréable. Quelques essais suffiront pour régler l'état convenable de dilution du chlore dans l'air. Il faut surtout éviter un excès de chlore.

Pour faire usage de ce composé, la plaque est iodée d'abord comme à l'ordinaire; on la promène rapidement au-dessus de l'orifice du flacon contenant le mélange de chlore et d'air. Cette opération doit être faite dans l'obscurité. L'auteur assure que son procédé lui a donné des résultats aussi prompts que parfaits.

§ III. DE L'ACIDE CHLOREUX.

Renvoi, 48.

48. Cette préparation de chlore n'est usitée qu'à l'état de vapeur, nous l'avons donc renvoyée avec les autres substances que l'on emploie sous cette forme. Voyez N° 70.

§ IV. DU CHLORO-BROMURE D'IODE.

Formule de M. Gaudin, 49; — *Idem* de M. Bord, 50; — *Idem* de M. le baron Gros, 51.

49. On s'est servi avec beaucoup de succès, depuis quelque temps, d'un composé triple de chlore, de brôme et d'iode. Nous avons été assez heureux pour nous procurer plusieurs formules à l'aide desquelles on peut préparer cette nouvelle substance; nous allons les faire connaître à nos lecteurs.

M. Gaudin (1) prépare le chloro-brômure d'iode ainsi qu'il suit : dans de l'*eau brômée saturée*, il verse goutte à goutte du chlorure d'iode *rouge*, jusqu'à ce que les vapeurs rutilantes de l'eau brômée disparaissent. Ce mélange est ensuite étendu d'eau en assez grande quantité pour lui donner une couleur *jaune-safran*. Ce composé s'emploie à peu près comme le chlorure d'iode (N° 45), c'est-à-dire, que la plaque iodée, d'abord jaune d'or pâle, doit être amenée sur la substance accélératrice à la couleur rose vif.

50. La formule suivante nous a été communiquée par M. Bord, habile horloger, et photographiste non moins distingué (2), dont on a pu remarquer les belles épreuves :

Dans un flacon d'une capacité de 1 litre 50 centilitres, on verse environ 1 kilogramme 200 grammes (2 livres 7 onces) d'eau distillée, dont on élève la température à 50° centig.; on ajoute dans cette eau 6 grammes (1 gros 1/2) de brôme saturé d'iode, préparé comme nous le dirons ci-après, et chauffé également à 45°; on agite vivement le flacon, puis on ajoute encore 5 grammes (1 gros 1/4) de chlorure d'iode; enfin, on secoue de nouveau le liquide pour faciliter le mélange des substances.

(1) *Traité pratique de Photographie*, Paris, 1844.

(2) Rue des Pyramides, N° 3.

La préparation du *brôme saturé d'iode* exige quelque attention, si l'on veut obtenir un composé toujours identique, car on a remarqué que l'iode est plus ou moins soluble dans le brôme, suivant la température de ce dernier. Voici le moyen employé par M. Bord pour obtenir toujours le même résultat : versez dans un flacon 10 grammes (2 gros 172) de brôme, et 13 gram. (3 gros 174) d'iode; plongez ce flacon, *légèrement bouché*, dans un bain-marie chauffé à 45° centigrades (1). Agitez le flacon, laissez refroidir, et vous obtiendrez une combinaison de brôme et d'iode presque à l'état de pâte. Vingt-quatre heures après, remettez le flacon dans le bain-marie. Chauffé à 40° centigrades, le mélange commence à se liquéfier, et, si à 45° il l'est entièrement, on a obtenu le degré voulu de saturation. S'il se liquéfiait à un degré moins élevé, on ajouterait un peu d'iode, et, dans le cas contraire, un peu de brôme.

Pour employer cette liqueur, on en verse 6 à 8 millimètres (3 à 4 lignes) d'épaisseur dans la cuvette. La plaque, iodée d'abord à la couleur *rose naissant*, doit prendre, après son exposition sur le chloro-brômure, la teinte *rose-rouge très-foncé*. On l'examinera de temps en temps pour s'assurer des progrès de l'opération. Si le chloro-brômure d'iode est à l'état convenable de dilution, la couleur rose-rouge pourra s'obtenir en 30 à 60 secondes. Lorsque cette teinte arrive plus promptement, il est nécessaire d'étendre la liqueur avec de l'eau distillée, pour éviter les bouffées qui impressionneraient inégalement la plaque. Le même liquide peut servir plusieurs fois; il suffira, à la fin des opérations, de le remettre dans le flacon, qui sera constamment bien bouché.

51. Nous devons à l'extrême obligeance de M. le baron Gros, chargé d'affaires de France à la Nouvelle-Grenade, la communication d'une autre formule qui, par son extrême simplicité, obtiendra sans doute la préférence des amateurs. C'est à l'aide de ce procédé que M. le baron Gros est parvenu à obtenir les belles épreuves que quelques personnes ont pu admirer lors de son dernier voyage à Paris. Nous avons cru devoir conserver les termes clairs et précis dans lesquels l'inventeur expose l'ensemble de sa méthode :

« Je verse dans un flacon bouché à l'émeri et pouvant contenir un demi-litre, 25 centilitres d'eau distillée, et dans

(1) Il sera même prudent de soulever plusieurs fois le bouchon, pendant l'opération, pour donner issue aux vapeurs surabondantes qui pourraient déterminer la rupture du flacon et projeter le brôme sur l'opérateur.

cette eau, je laisse tomber 20 grammes (5 gros) de chlorure d'iode. L'eau prend immédiatement une couleur jaune safran, et il surnage une grande quantité d'iode qui s'est précipité. Je remue vivement le mélange qui ressemble alors à une boue liquide d'un noir grisâtre, et je le laisse ainsi pendant 24 heures dans le flacon parfaitement bouché, mais ayant soin de le secouer vivement et à plusieurs reprises, pendant cet intervalle. Je le filtre alors à travers un papier gris, et je jette l'iode qui est resté sur le filtre lorsque tout est passé.

» Le liquide obtenu est limpide, d'un jaune de safran prononcé, et donnant, lorsqu'on agite le flacon, une mousse d'un jaune foncé qui se dissipe aisément après quelques minutes de repos. Dans ce liquide je verse 20 autres grammes (5 gros) de chlorure d'iode. Je remue plusieurs fois cette nouvelle boue noirâtre; au bout de 24 heures, je filtre sur un nouveau papier; je jette l'iode demeuré sur le filtre, et j'obtiens ainsi un liquide toujours limpide, mais plus coloré qu'auparavant, donnant une mousse d'un jaune plus foncé qui se dissipe un peu moins vite au repos.

» J'ajoute alors 12 gouttes de brôme pur; je remue le mélange pour le rendre plus intime, et dans cet état le liquide est prêt à être employé.

» L'effet qu'il produit est constant, et aujourd'hui encore, un flacon préparé il y a deux ans me donne les mêmes résultats que le premier jour. Il me faut seulement quelques secondes de plus pour obtenir la couleur rose velouté qui m'a toujours paru la plus favorable à la réussite de l'expérience.

» Il va sans dire que le flacon doit toujours être parfaitement bouché et tenu à l'abri d'une lumière trop vive.

» J'ai une boîte en bois noirci à l'intérieur, haute de 16 centimètres (6 pouces) environ, et assez grande pour que la planchette où est fixée la plaque, lui serve de couvercle. Cette planchette est ajustée de manière à fermer parfaitement la boîte, et à recevoir ainsi toutes les vapeurs qui se produiront dans son intérieur. Sur le fond de cette boîte est posée, intérieurement, et sans y adhérer, une cuvette en porcelaine ayant la même forme que la boîte, mais de 3 centimètres (14 lignes) de hauteur seulement, assez grande pour en couvrir le fond, sans néanmoins toucher à ses parois. Les bords supérieurs de cette cuvette sont parfaitement rodés, de manière à ce qu'elle puisse être fermée hermétiquement par une glace épaisse, lourde et également bien rodée, que l'on pose ou enlève au moyen d'un petit morceau de peau collé au centre.

» On verse dans cette cuvette le liquide préparé comme il a été dit ci-dessus, à une épaisseur d'à peu près un centimètre (5 lignes). Il va sans dire que le tout doit être posé de niveau, de manière à ce que le liquide soit également réparti sur le fond de la cuvette, car sans cela l'évaporation serait inégale, et la plaque ne se colorerait pas uniformément.

» Le liquide étant versé dans la cuvette, on la couvre avec la glace rodée, et si ce rodage a été bien fait, il ne doit s'échapper aucune vapeur, ce que l'on reconnaîtrait facilement à l'odeur assez forte qui se répandrait si la cuvette n'était pas exactement fermée.

» La plaque étant parfaitement polie et fixée sur la planchette, est d'abord soumise à l'action de l'iode, et lorsqu'elle a pris une teinte *jaune paille*, elle est prête à recevoir les vapeurs de la liqueur accélératrice.

» J'enlève alors de la main gauche la glace qui recouvre la cuvette, et de la main droite je place sur la boîte la planchette, sur laquelle est fixée la plaque iodée. Les vapeurs qui se dégagent changent promptement la teinte jaune paille en un rose velouté, qui est, je crois, la couleur la plus favorable pour recevoir l'impression lumineuse.

» Pendant que la planchette est ainsi exposée aux vapeurs accélératrices, je compte les secondes et je la retourne bout à bout de 15 en 15 secondes; je la regarde aussi fort souvent pour suivre ses progrès, et je ne la retire que lorsqu'elle est arrivée à la teinte indiquée. Il faut, suivant la température, 40 à 80 secondes pour l'obtenir. Elle se produirait en moins de temps, si on retournait la plaque moins souvent; mais cette précaution est nécessaire pour égaliser l'évaporation. La hauteur que j'ai fixée pour la boîte est aussi une condition indispensable, l'absorption est alors plus lente, mais la teinte plus égale et plus régulière. Le même liquide dans les boîtes à brôme ordinaires, d'une faible épaisseur, tache la plaque et la fait passer au violet en un instant (1).

» Toutes ces opérations doivent être faites dans un lieu obscur et bien sec, et la glace doit être replacée sur la cuvette aussitôt que la plaque est enlevée.

» Les opérations terminées, on agitera vivement la cuvette

(1) Nous pensons néanmoins que la liqueur de M. le baron Gros peut être employée avec avantage dans les cuvettes ordinaires, pourvu qu'on ait le soin de l'étendre d'une certaine quantité d'eau distillée. On obtient alors une évaporation lente et régulière, sans être obligé de recourir à une boîte d'une hauteur incommode et embarrassante. Cette modification nous a très-bien réussi.

munie de son couvercle, et on reversera la liqueur dans le flacon que l'on tiendra bien bouché. »

Tel est le procédé suivi par M. le baron Gros, et qui, comme nous l'avons dit, produit, sans de grandes difficultés, de fort beaux résultats. Qu'il nous soit permis de le remercier ici, au nom de tous les amateurs de photographie, pour la communication si franche et si complète qu'il a bien voulu nous faire. Si tous les photographistes s'unissaient ainsi dans un esprit de confraternité artistique, il s'établirait entre eux un échange de communications mutuelles qui tournerait nécessairement au profit de l'art.

SECTION II. — DU BRÔME ET DE SES COMBINAISONS.

Application de cette substance à la photographie, 52.

52. Il résulte d'une communication faite à l'Académie des Sciences par M. Fizeau, le 21 juin 1841, que, dès cette époque, de nombreux essais avaient été tentés en Angleterre, pour appliquer le brôme à activer la sensibilité des plaques daguerriennes; un peu plus tard, le 18 octobre de la même année, M. T. Gaudin présenta à ce corps savant de fort belles épreuves obtenues très-rapidement à l'aide d'un brômure d'iode qu'il avait préparé. Enfin, dans la brochure publiée par M. Ch. Chevalier, en novembre 1841, on trouve un article de M. Léon Foucault, contenant les premiers renseignements qui aient été donnés sur l'emploi de l'*eau brômée*, nouvelle préparation dont la découverte était due à M. Fizeau. Depuis cette époque, le brôme, à cause de ses qualités éminemment photogéniques, a formé la base de toutes les préparations accélératrices, et on l'a même fait entrer dans celles qui renferment déjà du chlore, comme nous l'avons vu N°s 49 à 52. Les composés de brôme méritent donc un examen attentif auquel nous allons procéder.

§ V. DE L'EAU BRÔMÉE.

Ses avantages; — Difficultés de son emploi, 53; — Diverses méthodes, 54; — Préparation d'après M. Fizeau, 55; — *Id.* d'après M. Foucault, 56; — Manière d'employer l'eau brômée; — Cuvette à brôme, 57; — Procédé de M. Middleton, 58; — De la proportion du brôme, du maximum de sensibilité, et du voile de brôme, 59.

53. L'eau brômée est sans contredit la substance accélératrice la plus simple, et la plus prompte qu'on ait encore employée en photographie, et je n'en excepte même pas les nouveaux composés qui ont été proposés récemment, et dont

on se sert sous la forme de vapeurs. C'est à M. Fizeau que l'on doit cette précieuse découverte qui fut accueillie à son origine avec un véritable succès d'enthousiasme. C'est aussi à partir de cette époque que l'on vit apparaître ces magnifiques épreuves si supérieures à toutes celles qu'on avait faites jusqu'alors, et qui ne le cèdent en rien à tout ce qu'on a fait depuis. Pour justifier cette assertion, il nous suffira de citer les admirables résultats obtenus alors par M. Foucault et par M. Lerebours. Bientôt l'eau brômée compta un grand nombre de partisans, et elle aurait fini par détrôner toutes les autres substances accélératrices, si, à côté de ses avantages incontestables, elle ne présentait des difficultés capables de rebuter les adeptes les plus fervents de la photographie.

Disons-le donc avec franchise, quelque parfaites que soient les méthodes proposées par MM. Fizeau et Foucault, quelques soins minutieux que l'on prenne pour l'emploi de l'eau brômée, cette substance demeure sujette à un grand nombre de déceptions, dont il est plus facile d'indiquer la cause que de trouver le remède.

Et d'abord, comment réussir à préparer en tout temps et en tous lieux une solution d'eau brômée, d'un titre toujours identique et déterminé? La nature si différente de l'eau, suivant les localités ou les sources diverses où elle est puisée, la rend propre à absorber une plus ou moins grande quantité de brôme, en sorte qu'on n'est jamais certain d'arriver à un dosage d'une précision rigoureuse (1). Mais en supposant qu'on soit parvenu à remplir cette condition si difficile, la provision d'eau brômée qu'on aura préparée pourra-t-elle se maintenir, jusqu'à son entier épuisement, au même degré qu'elle avait dans l'origine? L'extrême volatilité du brôme et l'obligation où l'on est d'ouvrir le flacon à chaque fois que l'on veut en extraire l'eau brômée, tendront nécessairement à appauvrir celle-ci, et les dernières doses seront loin d'avoir la même force que les premières. Sans aucun doute, l'ingénieux moyen proposé par M. Middleton pourra remédier, jusqu'à un certain point, à cet inconvénient, mais il ne le détruira pas complètement (*voyez* N° 58).

Une autre difficulté qui résulte de l'emploi de l'eau brômée, consiste dans l'impossibilité de constater, par l'examen de la

(1) Il est bien vrai que M. Fizeau conseille l'addition de quelques gouttes d'acide pour neutraliser l'influence des sels calcaires ordinairement contenus dans les eaux courantes. Mais pour rendre ce moyen suffisant, il faudrait pouvoir préciser avec exactitude la quantité d'acide nécessaire.

couleur de la plaque, si elle a absorbé la quantité de brôme nécessaire, car la sensibilité communiquée à l'iodure d'argent par le brôme est telle, que l'influence même d'un demi-jour modifierait ses conditions, et produirait infailliblement une épreuve voilée. Mais en admettant, comme l'ont fait à tort MM. Montmirel et Queslin (1), que l'on pût, sans inconvénient, examiner la couleur de la plaque, la teinte de l'iodage modifiée par l'évaporation du brôme, serait encore un guide bien trompeur; car, d'une part, la couleur de l'iodage change fort peu sous l'influence du brôme, et, d'un autre côté, comme il est nécessaire de brômer la plaque en proportion de la quantité d'iode qu'elle a absorbée préalablement; comme on n'est pas sûr de s'arrêter toujours à la même teinte d'iodage, il faudrait se mettre dans la tête une foule de nuances, dont la différence deviendrait inappréciable à l'œil le plus exercé.

Il existe une troisième cause d'incertitude dans l'emploi de l'eau brômée, et quoiqu'on l'ait regardée jusqu'ici comme d'une importance secondaire (2), nous pensons qu'elle exerce une grande influence sur la réussite du procédé : nous voulons parler de la température atmosphérique. Tout le monde a pu remarquer, en effet, que suivant les différentes saisons de l'année, et suivant l'exposition de l'endroit où l'on opère, une dissolution de brôme dosée avec soin au même titre, se comporte d'une manière toute différente; en sorte que tel jour une plaque sera convenablement brômée en 30 secondes, et que le lendemain il sera quelquefois nécessaire de prolonger l'opération pendant 40 et 50 secondes. Et ce n'est pas seulement sous le rapport de la promptitude que l'action de l'eau brômée se trouve modifiée par la température, c'est encore relativement à son mode d'évaporation. Dans les saisons froides, et, en général, toutes les fois que le thermomètre ne s'élève pas au-delà de 0 + 10°, les vapeurs du brôme se dégagent avec lenteur et uniformité et se répartissent également sur la surface de la plaque; dans les grandes chaleurs, au contraire, l'évaporation devient inégale, irrégulière; et, malgré l'uniformité de la couche d'iode, la plaque se recouvre çà et là de nuages ou buées qui empêchent la réussite des épreuves. Il fallait donc modifier la force de l'eau brômée et la durée de l'évaporation, en tenant un compte exact des différences de température, et c'était chaque jour de

(1) Ces Messieurs ont proposé chacun une méthode d'application de l'eau brômée en se guidant sur la couleur de la plaque; mais ces méthodes n'ont jamais fourni que des résultats problématiques et soumis à toutes les chances du hasard.

(2) Voir le Mémoire de M. Fizeau, note 4.

nouveaux tâtonnements et de nouvelles expériences pour retrouver le point précis où l'eau brômée donne à la couche d'iode le maximum de sensibilité.

M. le lieutenant Bequet, vivement préoccupé de cette cause d'incertitude et d'insuccès, s'est livré à des recherches qui l'ont conduit à la découverte d'un appareil destiné à y apporter remède. Cet ingénieux appareil sera décrit à la fin du présent chapitre, N° 73.

Nous avons présenté dans toute leur force les objections que l'on peut faire contre l'emploi de l'eau brômée; qu'on n'aille pas en conclure que nous proscrivons l'usage de cette substance; nous la recommandons au contraire avec instance à tous ceux qui veulent faire de véritables progrès dans l'étude de la photographie, car une fois qu'on aura triomphé des difficultés que présente son emploi, on sera amplement dédommagé de ses peines, on pourra mettre à profit ses qualités éminemment photogéniques, et l'étude des autres substances accélératrices ne sera plus qu'un jeu.

54. Les deux seules méthodes praticables qui aient été indiquées pour l'emploi de l'eau brômée, sont celles de MM. Fizeau et Foucault. Au reste elles ne diffèrent entre elles que quant au mode de préparation de la solution de brôme. Nous les examinerons d'abord séparément sous ce rapport; nous présenterons ensuite quelques observations relatives à la manière d'opérer, et qui peuvent être regardées comme communes aux deux procédés.

Méthode de M. Fizeau.

55. La méthode de M. Fizeau est fondée sur les principes suivants :

1° Faire une dissolution saturée de brôme dans l'eau distillée.

2° Prendre un volume fixe et déterminé de cette dissolution et l'étendre dans un volume constant d'eau de rivière (1).

3° Prendre de cette dernière solution une quantité constante et suffisante pour recouvrir de 6 à 8 millimètres (3 à 4 lignes) le fond de la capsule à brôme.

4° Exposer la plaque convenablement iodée aux émanations

(1) M. Fizeau conseille de mêler une partie en volume d'eau saturée de brôme dans trente fois son volume d'eau de rivière; mais cette proportion est beaucoup trop forte, et on réussit beaucoup mieux en employant l'eau brômée dosée au cinquantième et même au soixantième.

de l'eau brômée, pendant un espace de temps qui ne peut être déterminé que par l'expérience.

5° Renouveler la dose d'eau brômée à chaque épreuve.

Ainsi qu'on le voit, M. Fizeau prend pour point de départ l'eau distillée saturée de brôme. On la prépare facilement en versant dans un flacon contenant de l'eau distillée, une quantité de brôme suffisante pour qu'au bout de 24 heures il reste au fond de ce flacon un grand excès de brôme non dissous.

Ces moyens seraient, sans aucun doute, suffisants pour satisfaire à toutes les exigences du procédé, si l'on pouvait considérer l'eau brômée saturée comme un type constant et invariable. Mais, outre que le brôme se combine à l'eau en proportions différentes, suivant le degré de pureté de celle-ci, la présence d'un excès de brôme en contact avec l'eau finit par déterminer la formation d'un acide brômhydrique, qui change la nature de la liqueur normale. Si donc le point de départ est variable, les dissolutions étendues le seront également, ainsi que l'a judicieusement fait observer M. Foucault. Mille autres causes purement mécaniques peuvent modifier les conditions de l'eau brômée saturée : si, par exemple, elle est tout récemment préparée, si on l'a fortement agitée, ou si elle a été transportée en voyage, elle contient nécessairement en suspension des particules de brôme non dissoutes, et si on s'en servait alors pour préparer une solution étendue, cette dernière se trouverait à un titre plus élevé que de coutume, et il faudrait se livrer à de nouveaux essais pour déterminer le temps d'exposition de la plaque à l'évaporation du brôme.

Les mêmes causes d'incertitude se reproduiraient, si l'on employait tour-à-tour, pour étendre la solution saturée, des eaux puisées à différentes sources. Enfin, pendant le temps qui s'écoulait depuis le moment où l'eau brômée était versée dans la cuvette, jusqu'à celui où l'on replaçait le couvercle sur cette cuvette, il s'opérait une évaporation de brôme dont rien ne pouvait faire apprécier exactement la quantité.

Sous ces divers points de vue, la méthode de préparation de l'eau brômée, indiquée par M. Fizeau, laissait beaucoup à désirer. Nous allons voir maintenant comment M. Foucault est parvenu à remédier à la plupart de ces inconvénients.

Méthode de M. Foucault.

56. M. Foucault s'est proposé le même but que M. Fizeau ; mais, pour y parvenir, il prépare la solution d'eau brômée d'une manière toute différente. Voici sa manière d'opérer :

On verse dans un grand flacon un litre d'eau de rivière, on aspire ensuite, avec une petite seringue de verre graduée à cet effet, 5 décigrammes (9 grains) de brôme pur que l'on mêle à l'eau du flacon (1); on agite vivement, et au bout d'un quart-d'heure la solution de brôme qui en résulte, peut être employée.

En procédant de cette manière, on n'a plus à craindre les variations si fréquentes de l'eau brômée saturée.

Manière d'employer l'eau brômée. — Cuvettes à brômer. — Procédé de M. MIDDLETTON.

57. La solution d'eau brômée étant préparée par l'une des méthodes indiquées ci-dessus (55,56), on iode la plaque en se conformant à ce qui a été dit au chapitre de l'*Iodage*, Nos 27 à 34. La nuance d'iodage, qui, après bien des essais, nous a paru la plus convenable, est celle qu'on appelle *rose vif* ou *velouté* (N° 33). Cette teinte, indiquée en premier lieu par MM. de Brébisson et Buron, ralentit un peu la production de l'image, mais elle est infiniment préférable à la teinte jaune d'or, qui a le défaut de solariser les blancs, et de donner des épreuves où les oppositions sont trop tranchées.

Ces dispositions prises, on enlève le couvercle de la cuvette à brôme qui a été d'abord placée bien de niveau (2); on remplit la mesure d'eau brômée, et on la renverse rapidement dans la cuvette, sur laquelle on replace vivement le couvercle. La capacité de la mesure doit être calculée proportionnellement à la grandeur de la cuvette, et de manière à ce que le fond soit entièrement recouvert d'eau brômée, à une épaisseur de 6 à 8 millimètres (3 à 4 lignes). On laisse ensuite écouler 30 secondes pour donner aux vapeurs du brôme le temps de se développer et de remplir l'espace vide de la cuvette; on enlève alors le couvercle d'un mouvement prompt, et on le remplace aussitôt par la planchette qui porte la plaque iodée. On compte un certain nombre de secondes, qui ne peut être déterminé d'une manière rigoureuse, parce qu'il faut avoir égard au titre de l'eau brômée, à la capacité de la cuvette, au plus ou

(1) Il faut bien se garder d'aspirer le brôme avec une pipette, ainsi que l'a recommandé M. Foucault, car si une aspiration trop forte déterminait l'ascension d'une seule goutte de brôme dans la bouche, il pourrait en résulter les accidents les plus graves; la vapeur seule du brôme introduite dans les poumons exercerait sur l'économie une influence délétère.

(2) M. Lerebours a eu le premier l'idée de faire construire des cuvettes plates qui sont extrêmement commodes, surtout pour les substances autres que l'eau brômée, *fig.* 22 et 23, Pl. I.

moins d'intensité de l'iodage préalable, et surtout à la température atmosphérique. Au reste, ce temps d'évaporation peut être limité entre 20 secondes et une minute, et quelques expériences d'essai l'auront bientôt fixé une fois pour toutes. Ce temps écoulé, on ôte la plaque que l'on renferme avec soin dans son châssis, et on jette la dose d'eau brômée, qui devra être remplacée lors d'une nouvelle opération.

Pour compter les secondes, nous employons soit un pendule composé d'une balle de plomb attachée à un fil de 1 mètre (3 pieds) de longueur, soit une horloge dite *coucou*, à laquelle nous ajustons un balancier de la même longueur. On pourrait encore se servir d'un métronome, d'une montre à secondes, ou d'un de ces compteurs construits tout exprès pour l'usage du daguerréotype.

On comprend facilement que pendant le temps nécessaire pour ôter le couvercle et placer la planchette sur la cuvette, une portion indéterminée de la vapeur de brôme amassée dans la cuvette, s'échappe et devient inutile à l'opération. Cette déperdition irrégulière de brôme méritait d'être prise en considération; M. Foucault est parvenu à écarter cette cause d'incertitude en construisant la boîte à brôme que nous allons décrire. Cet appareil, aussi simple qu'ingénieux, est applicable non-seulement à l'eau brômée, mais encore à toutes les autres substances accélératrices; il est surtout indispensable lorsqu'on emploie le brômoforme et les autres vapeurs dont nous traiterons ci-après (section III).

B (*fig.* 25, *Pl.* I) est une boîte de bois dont le fond est garni d'une cuvette de porcelaine; un plateau de glace bien dressé (D) glisse sur les bords rodés de la cuvette et la ferme hermétiquement. Trois vis calantes, dont deux sont apparentes en *c c*, servent à mettre la boîte dans une position parfaitement horizontale, à l'aide d'un niveau à bulle d'air qu'on place d'abord dans un sens, puis dans l'autre, sur la glace qui recouvre la cuvette, en faisant jouer les vis calantes suivant les indications données par le niveau. Sur un des côtés de la boîte, est un tube recourbé T, qui communique avec l'intérieur de la cuvette de porcelaine, et sert à introduire l'eau brômée dans cette cuvette, à l'aide de l'entonnoir *e*, *fig.* 26, *Pl.* I, sans être obligé d'ouvrir le couvercle. Le flacon mesure *a*, *fig.* 26, contient juste la quantité d'eau brômée nécessaire pour une épreuve, suivant la capacité de la cuvette. Enfin, sur un des bouts de la boîte, il existe un petit orifice extérieur, com-

muniquant avec le fond de la cuvette, et qui sert à faire couler l'eau brômée avant de recommencer une nouvelle opération; ou à introduire la vapeur dans la cuvette, lorsqu'on emploie les substances accélératrices sous cette dernière forme.

La simple description de la boîte à brôme de M. Foucault indique assez la manière d'en faire usage. On voit, qu'après avoir iodé la plaque et posé la cuvette bien de niveau, on place au-dessus de cette cuvette la planchette qui porte la plaque. On verse alors l'eau brômée par le tube T, et on laisse écouler 30 secondes. Au bout de ce temps, on ouvre la glace qui sert de couvercle, et lorsqu'on juge le temps de l'évaporation suffisant, on repousse la glace, et la plaque est prête à recevoir l'impression lumineuse (*voir* le N° 59).

58. L'emploi de l'appareil de M. Foucault ne suffisait pas pour remédier à une des causes d'incertitude que nous avons signalées N° 53. Lorsqu'on a puisé plusieurs doses d'eau brômée dans le flacon qui renferme la provision, les vapeurs du brôme se développent dans l'espace vide de ce flacon, et chaque fois que l'on prend une nouvelle dose, elles se dissipent dans l'air, en sorte que la solution de brôme va s'affaiblissant de plus en plus. L'ingénieux expédient imaginé par M. Middletton fait disparaître cet inconvénient. Aussitôt que la solution de brôme est préparée, on la répartit dans un certain nombre de petits flacons, ayant tous la même capacité, et contenant la quantité juste d'eau brômée nécessaire pour une expérience. Il faut avoir soin de remplir ces flacons jusqu'à l'orifice, de manière à ce que le liquide déborde quand on les bouche. Il ne reste ainsi aucun espace vide dans le flacon, qui se trouve fermé hermétiquement.

59. Nous avons déjà dit, N° 53, que la proportion de brôme doit être *en rapport exact* avec la quantité d'iode absorbé d'abord par la plaque; nous ne saurions trop insister sur ce point important; car c'est là toute la difficulté de l'application des substances accélératrices. Ainsi, pour une certaine quantité d'iode, il existe une quantité relative de brôme qui donne le maximum de sensibilité, et en-deçà ou au-delà de laquelle l'épreuve est ou incomplète ou voilée. Malheureusement, il n'existe aucun signe certain auquel on puisse reconnaître à l'avance qu'on a atteint le point convenable, et ce n'est qu'en se guidant sur les données des expériences antérieures qu'on peut en tirer des indices pour les opérations subséquentes. Examinons donc les divers aspects que peut présenter la pla-

que, au sortir de la boîte au mercure ; cette observation attentive nous conduira à constater le défaut ou l'excès du brôme.

Si la plaque, après une exposition suffisante aux radiations lumineuses, présente partout une teinte uniforme et transparente, mais qu'il y ait absence d'image, ou que cette image soit restée confuse, mal définie, accusant seulement les teintes les plus claires, tandis que les noirs seraient à peine indiqués, on peut être assuré que la quantité de brôme n'a pas été suffisante, et il faudrait l'augmenter.

Mais si, au contraire, malgré l'uniformité de la couche primitive d'iodure d'argent, la plaque avait perdu sa transparence, si sa surface était voilée par des nuages opaques d'un aspect doré, qui masqueraient tout ou partie de l'image, il y a alors excès de brôme, et l'on doit diminuer progressivement le temps de l'évaporation, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus, à la surface de la plaque, de ces buées auxquelles on a donné le nom de *voile de brôme*.

Entre ces deux extrêmes il existe un terme moyen que l'on a appelé *maximum de sensibilité*. C'est le point où la plaque a absorbé juste la quantité de brôme nécessaire pour fournir une épreuve complète. L'expérience seule permettra d'atteindre cette limite si délicate, sans jamais la dépasser.

§ VI. FORMULE DE BRÔMURE D'IODE COMMUNIQUÉE PAR M. CLAUDET.

Préparation, 60 ; — Manière de s'en servir, 61 ; — Autre formule, 62.

		centil.
60.	Eau distillée saturée de brôme (1).	7 à 8
	Alcool absolu saturé d'iode.	1
	Eau de rivière filtrée.	60

On verse d'abord l'eau brômée saturée dans un flacon d'une contenance de 80 à 100 centilitres ; on y mêle ensuite la solution alcoolique d'iode, on secoue vivement le flacon pour faciliter le mélange ; enfin on ajoute l'eau filtrée, et le brômure d'iode qui en résulte peut être employé immédiatement.

(1) On sait que pour obtenir une solution saturée de brôme, il est nécessaire que l'eau distillée soit demeurée en contact au moins pendant vingt-quatre heures avec un grand excès de brôme.

Il en est de même pour la solution alcoolique d'iode.

Ces solutions une fois obtenues au degré de saturation convenable, on se gardera bien d'agiter le flacon qui les renferme, au moment de composer le brômure d'iode ; car si l'on négligeait cette précaution, les particules du brôme ou d'iode, tenues momentanément en suspension dans un liquide agité, changeraient notablement les conditions de saturation.

Manière de s'en servir.

61. La plaque étant iodée jaune *citron*, N° 33, on verse le brômure d'iode dans la cuvette à une épaisseur d'un centim. (5 lig.) environ. On laisse reposer une ou deux minutes, pour éviter que les pétillements du brômure n'occasionnent des taches en rejaillissant sur la plaque. Ce temps écoulé, on expose la plaque au-dessus du brômure jusqu'à ce qu'elle ait pris une teinte *rose-rouge foncé*, sans néanmoins atteindre la couleur *violette* ou *bleue*. Cet effet doit être obtenu en 2 à 5 minutes, suivant la température de la saison et de l'endroit où l'on opère.

La plaque ainsi préparée, est douée d'une sensibilité à peu près égale à celle que donne l'eau brômée.

Si, après avoir pris une belle teinte uniforme, dans le temps indiqué, la plaque donnait une épreuve noire et mal venue, quoique l'exposition à la chambre obscure ait été prolongée proportionnellement à l'intensité de la lumière, ce serait une preuve que l'iode domine dans le composé, et l'on y remédierait soit en iodant moins fort, soit en poussant la teinte donnée à la plaque par le brômure, jusqu'au violet foncé et même jusqu'au bleu.

Si, au contraire, au lieu de prendre une teinte homogène, la plaque se couvrait de nuages, de taches ou de rayures inégales, jaunes, roses et violettes, accompagnées de petits points blancs, on peut être assuré que le brômure d'iode contient un grand excès de brôme. Il en est de même si la plaque, quoique se colorant également, n'arrive à la teinte rose qu'au bout de 6 à 10 minutes d'exposition au-dessus de la cuvette; car l'excès de brôme a aussi pour effet de ralentir l'activité du brômure. Lorsqu'un de ces cas se présente, il faudra, à une épreuve suivante, ioder la plaque plus fortement, par exemple, jusqu'au jaune d'or et même jusqu'au rose plus ou moins foncé.

Enfin, si la plaque mettait trop de temps à prendre la teinte voulue, on renforcerait la liqueur en y ajoutant un peu d'eau brômée saturée, et de solution alcoolique d'iode, *combinées ensemble dans les proportions indiquées plus haut*, N° 60. Si, au contraire, la couleur venait trop vite, il suffirait d'ajouter au brômure un peu d'eau filtrée, jusqu'à ce qu'on l'ait amené au degré voulu.

On remarquera que ces modifications n'apportent aucun changement à la combinaison *relative et proportionnelle* du brôme et de l'iode, qui reste toujours la même, quel que soit le volume d'eau dont elle est étendue.

On doit bien se garder de retoucher le brômure d'iode, une fois préparé, en y ajoutant *isolément* soit du brôme, soit de l'iode par voie de tâtonnement, parce qu'on le mettrait alors dans des conditions inconnues, et qu'il serait impossible de reproduire identiques, lors d'une nouvelle préparation.

Ces détails paraîtront peut-être minutieux, mais nous avons dû prévoir tous les cas qui peuvent se présenter, et signaler les causes d'erreurs malheureusement trop fréquentes en photographie.

Au reste, si le brômure d'iode a été préparé avec tout le soin que nous avons recommandé, si les solutions de brôme et d'iode ont été convenablement saturées, et les doses exactement mesurées, on peut être assuré de réussir du premier coup, et les imperfections que ce composé pourrait présenter, seront toujours assez légères pour être facilement corrigées en augmentant ou en diminuant l'intensité de l'iodage préalable, suivant que le brômure accusera un excès de brôme ou d'iode.

Si l'on nous demande maintenant quels sont les avantages du brômure d'iode, nous dirons qu'après avoir été longtemps prévenu contre ce composé, qu'après l'avoir même abandonné, de nouvelles expériences nous ont convaincu qu'il peut prendre rang à côté de l'eau brômée. En effet le brômure d'iode donne aux épreuves photographiques des teintes au moins égales à celles de l'eau brômée, et les admirables résultats obtenus par M. Claudet ne laissent aucun doute à cet égard.

Toutefois, à côté de ces avantages, il existe plusieurs inconvénients, et nous ne les dissimulerons pas. Le brômure d'iode, quelque soin que l'on ait apporté à sa préparation, est un composé peu stable; et au bout de 10 à 15 jours, il commence à perdre progressivement ses qualités. Lorsqu'on s'apercevra que ses effets se modifient, il faudra diminuer progressivement l'intensité de l'iodage préalable; et alors si on n'obtient pas de bonnes épreuves, il vaudra encore mieux en préparer à neuf une nouvelle dose, plutôt que d'essayer de le remettre dans son état primitif, en y ajoutant de l'eau brômée, suivant le conseil de M. Gaudin; ce serait s'exposer à de longs et presque toujours inutiles tâtonnements. Car, dans notre opinion, le brômure d'iode ne se détériore pas seulement par déperdition de brôme, mais aussi par une perturbation générale survenue dans son ensemble, et par une nouvelle combinaison chimique des éléments qui le constituent. L'alcool qui entre dans ce composé, nous paraît de nature à y déterminer, au bout de quelque

temps, la formation des acides brômhydrique et hydriodique, causes probables de la décomposition du brômure.

Un autre inconvénient résulte de la lenteur du brômure d'iode. Il faut en effet de 3 à 5 minutes pour qu'une plaque soit brômée convenablement par ce procédé. Or, pendant cet espace de temps, les circonstances atmosphériques ont pu se modifier d'une manière notable, et il faut une bien grande habitude pour apprécier exactement les variations de la lumière et pour en tenir un compte juste, lors d'une nouvelle exposition à la chambre obscure. Lorsqu'au contraire les épreuves se succèdent rapidement, il est plus facile de corriger, dans une autre expérience, les erreurs qu'on a pu remarquer lors de l'expérience qui a précédé.

Malgré ces désavantages, le brômure d'iode est encore employé exclusivement par des personnes habiles à faire de belles épreuves; il suffira de citer M. Claudet.

Autre formule de M. CLAUDET.

62. Le brômure d'iode peut encore être préparé de la manière suivante :

Dans un flacon contenant 3 à 4 décilitres d'eau de rivière filtrée, versez goutte à goutte de la dissolution alcoolique d'iode, agitez souvent le flacon, et continuez l'addition d'iode jusqu'à ce que l'eau ait pris une teinte *jus de tabac* foncée. Le liquide doit présenter un aspect trouble et bourbeux. On y ajoute alors par petites portions, et en agitant continuellement le flacon, de l'eau distillée saturée de brôme, jusqu'à ce que la liqueur reprenne sa limpidité, et devienne d'une couleur jaune foncé. Arrivé à ce point, on continue d'ajouter *goutte* à *goutte* de l'eau brômée saturée, la teinte du liquide s'éclaircira de plus en plus, et lorsqu'elle sera devenue d'un beau jaune plutôt clair que foncé, on cessera toute addition d'eau brômée.

Cette formule ne diffère de la précédente que par le mode de préparation, la liqueur obtenue s'emploie de la même manière et fournit les mêmes résultats.

§ VII. PRÉPARATION D'UN BRÔMURE D'IODE A EFFETS CONSTANTS, par E. DE VALICOURT.

Ses avantages et sa préparation, 63; — Manière d'en faire usage, 64.

63. On sait que le brômure d'iode préparé suivant la formule de M. Gaudin, est un composé très-peu stable. Lorsqu'on

s'est donné beaucoup de peine à le faire par voie de tâtonnement, à défaut d'un dosage certain, qui aurait dû être indiqué par l'inventeur, il donne à peine, pendant huit jours de suite, des résultats identiques. Il faut ensuite, pour le ramener à son état primitif, y ajouter tantôt de l'iode, tantôt du brôme; ce sont encore de nouveaux tâtonnements qui font perdre beaucoup de temps et qui trop souvent n'aboutissent à aucun résultat.

Frappé de ces inconvénients, j'ai recherché s'il n'existerait pas une autre combinaison de brôme et d'iode qu'on pourrait facilement préparer *toujours dans les mêmes proportions*, et invariable dans sa composition.

Ce n'est qu'après une expérience de six mois que je me décide à publier la formule à laquelle je me suis arrêté. J'y suis surtout déterminé par l'espoir de mettre un terme à l'empirisme avide de certains spéculateurs qui, faisant mystère de leurs recettes, exploitent la crédulité des amateurs de photographie, en leur vendant de prétendues liqueurs accélératrices ou photogéniques, dont le principal mérite est de rapporter de gros bénéfices à ceux qui les composent. Ces préparations ont toutes pour base le chlorure ou le brômure d'iode; quelquefois on y ajoute d'autres substances tout-à-fait inertes, souvent même nuisibles à l'action photogénique. Elles ont en outre le défaut d'être plus lentes que l'eau brômée, et de se décomposer en peu de temps, en sorte qu'on devient de nouveau tributaire de ceux qui les ont fournies.

Notre brômure d'iode nous paraît exempt de tous ces défauts.

La préparation en est si facile qu'elle peut être faite en tous lieux, sans poids ni mesures, et par la personne la plus étrangère aux manipulations chimiques.

Les plaques sont convenablement brômées en une minute au plus.

Quant à la promptitude des résultats, elle égale celle de l'eau brômée.

Les teintes des épreuves obtenues à l'aide de ce composé sont aussi riches et aussi vigoureuses qu'en employant toute autre substance, pourvu toutefois que l'iodage soit poussé jusqu'à l'intensité convenable; il donne surtout de très-beaux blancs, rarement solarisés.

Cette liqueur peut se transporter facilement en voyage sous un très-petit volume.

Enfin, sa constance est tellement remarquable, qu'un flacon d'un décilitre nous a servi pendant près de six mois, et donne encore de très-bons résultats. J'attribue ces effets à la suppression de l'alcool qui, dans le brômure d'iode de M. Gaudin, me paraît, comme je l'ai déjà dit, une espèce de ferment capable d'y déterminer la fermentation alcoolique, et la formation des acides brômhydrique et hydriodique.

Voici notre formule, que nous communiquons *sans aucune restriction ni réticence*; les amateurs, seul public compétent, compareront et jugeront.

Préparation du brômure d'iode constant.

Dans un flacon d'une contenance d'environ 5 centilitres, on verse 30 à 40 gouttes de brôme; la quantité n'a aucune espèce d'importance. On y ajoute ensuite, grain à grain, autant d'iode que le brôme en voudra dissoudre jusqu'à parfaite saturation.

On sera assuré d'être arrivé à cette saturation dès qu'il restera dans le brôme quelques grains d'iode non dissous. On peut les laisser impunément dans le flacon sans compromettre en rien le succès de la préparation.

Le brômure d'iode, ainsi préparé, tient fort peu de place et peut se transporter facilement; mais il serait beaucoup trop concentré pour pouvoir être employé dans cet état (1). Lors donc qu'on voudra s'en servir, on en versera une petite quantité, par exemple 1 gramme (18 grains), dans un flacon, et on y ajoutera environ 200 à 250 grammes (6 à 8 onces) d'eau de rivière filtrée. On conçoit facilement que le brômure d'iode pourrait être étendu d'une quantité d'eau plus ou moins grande, sans changer le rapport qui existe entre le brôme et l'iode. Nous donnons cette proportion, parce qu'elle nous a paru la plus convenable pour la prompte préparation des plaques, et pour conserver au composé toute sa constance pendant un temps indéfini.

Manière d'en faire usage.

64. Le brômure d'iode étendu d'eau, ainsi que nous venons de l'indiquer, jouit de toutes les propriétés de l'eau brômée, et peut, suivant la judicieuse remarque de M. Buron, donner des épreuves à toutes les couleurs d'iodage, pourvu que la durée d'exposition au-dessus du brômure soit *proportionnée* à

(1) On peut néanmoins s'en servir ainsi sous forme de vapeur, suivant la méthode de MM. Choiselat et Ratel (*voyez* Nos 67, 68, 69).

la quantité d'iode préalablement absorbée par la plaque, Nos 33, 42, 58, 59. Nous indiquerons néanmoins comme les nuances d'iodage les plus favorables : le jaune *aussi foncé que possible* (transition du jaune au rose); le rose vif, et le rose rouge ou violâtre.

La plaque étant iodée également, à une de ces couleurs, on verse dans la cuvette à brômer une quantité de brômure d'iode *strictement* suffisante pour couvrir tout le fond. On laisse reposer environ une minute; puis on expose la plaque au-dessus de la cuvette jusqu'à ce qu'on juge, au moyen d'un compteur, qu'elle a absorbé assez de brôme.

On conçoit que la durée de cette évaporation doit varier suivant la température, suivant la force du brômure, suivant la profondeur ou la capacité de la cuvette, et enfin suivant la dimension des plaques. Voici néanmoins des données à peu près certaines sur ce temps d'évaporation pour un brômure préparé suivant ce qui a été dit plus haut, et l'on n'aura besoin de s'en écarter que légèrement, en ayant égard aux circonstances indiquées :

Pour une plaque iodée jaune foncé, 25 à 30 secondes.

Pour une plaque rose vif, 40 à 50 secondes.

Le rose violâtre exigera 60 à 70 secondes d'évaporation.

Il sera toujours facile d'augmenter ou de diminuer à volonté ce temps d'évaporation en ajoutant à la liqueur soit de l'eau, soit du brômure concentré.

Les personnes qui ont l'habitude de consulter la couleur des plaques, pourront employer cette méthode avec notre brômure d'iode : une plaque iodée jaune foncé devra être brômée jusqu'au rose vif; l'iodage rose devra atteindre sur le brômure la nuance violette, et l'iodage violet devra se transformer en un *bleu-vert* très-intense.

On fera très-bien d'avoir égard à la couleur, lorsqu'il s'agira de déterminer le temps d'exposition des plaques au-dessus du brômure d'iode. Alors, en même temps qu'on comptera les secondes, on examinera de temps en temps la plaque; et, lorsqu'elle aura atteint la nuance voulue, on se rappellera le nombre des secondes pendant lesquelles elle sera restée soumise à l'évaporation; il suffira désormais de prolonger l'opération pendant le même espace de temps sans être obligé d'examiner la couleur. Car le taux du brômure, une fois trouvé, restera constamment le même pendant longtemps.

Toutefois il est toujours plus sûr d'opérer d'après la teinte de la plaque.

Quoiqu'on obtienne, ainsi que nous l'avons dit, des épreuves aussi rapides sur tous les iodages, les nuances jaune très-foncé et rose nous ont paru donner les meilleurs résultats, après avoir été brômées convenablement. La nuance rose violâtre donne des blancs magnifiques, des épreuves d'un ton harmonieux, mais un peu terne; quant à l'iodage jaune clair, il nous a constamment fourni des teintes bleues et des épreuves solarisées.

La dose de brômure versée dans la cuvette peut servir pendant toute une journée, sans être renouvelée; à la fin des opérations, on la remettra dans le flacon qui sera exactement bouché à l'émeri. Lorsqu'on s'apercevra que la liqueur se ralentit, on y versera de temps en temps, tous les quinze jours par exemple, *une ou deux gouttes de brômure concentré.*

§ VIII. DU BRÔMURE IODEUX ET DE SON EMPLOI DANS LA PRÉPARATION DES PLAQUES DAGUERRIENNES, PAR M. ED. FORTIN.

Sa préparation et son emploi, 65.

65. Tous les amateurs de daguerréotypie savent combien les mélanges de brôme et de dissolution alcoolique d'iode, que M. Gaudin appelle brômure d'iode, ou iodure de brôme, étaient incommodes à cause de leur instabilité. Cela ne devait surprendre que les personnes étrangères à la chimie; mais il est probable que les photographes, quelque peu versés dans cette science, auront bien vite reconnu le moyen de se procurer de *véritable* brômure d'iode, alors stable et constant dans ses résultats. La préparation des brômures d'iode est si simple, que je n'ai pas cru jusqu'à présent que cela valût la peine d'en parler, car j'aurais pensé ne rien dire de nouveau pour personne. Cependant il paraît que je me trompais, et qu'il n'y a guère encore que les chimistes qui savent que l'iode s'unit au brôme dans deux proportions, en formant deux composés ou brômures d'iode. M. de Valicourt, dans la dernière brochure de M. Ch. Chevalier (*Mélanges photographiques*), vient de publier l'emploi de l'un de ces composés, du brômure iodique (*voir* le N° 64); mais il n'a pas jugé convenable de nous entretenir du brômure iodeux. Ce dernier ne manquant pas d'intérêt, je vais remplir cette lacune (1).

(1) La composition et l'emploi du brômure iodique ont été décrits au paragraphe précédent, Nos 63, 64.

Le brômure iodeux se prépare, ainsi que le brômure iodique, en jetant de l'iode en grains dans du brôme pur, avec cette différence, qu'au lieu de s'arrêter lorsqu'il se précipite un corps ressemblant à de l'iode, mais qui n'est pas autre chose que du brômure iodeux, il faut, au contraire, continuer d'ajouter de l'iode jusqu'à ce que toute la masse contenue dans le flacon ait pris une forme solide, et qu'il ne reste plus de traces de brômure iodique, ce qui est facile à reconnaître, ce dernier corps étant liquide et assez semblable à du brôme pur. Il n'y a aucun inconvénient à ce qu'il y ait excès d'iode. Cet iode libre se précipitera toujours de la dissolution; car il n'est pas soluble dans l'eau saturée de brômure d'iode.

Le brômure iodeux, dissous dans une convenable quantité d'eau (environ une partie contre 200 d'eau en poids), s'emploie à la manière ordinaire pour préparer les plaques daguerriennes, mais sans iodage préalable : la nuance rose vif est celle qui me paraît la plus convenable. Le même liquide peut servir indéfiniment, et donner toujours les mêmes résultats; on y ajoute, lorsqu'il s'affaiblit, quelques gouttes d'une dissolution saturée pour le renforcer.

Le brômure iodeux n'est pas aussi sensible que le brômure iodique; mais son emploi est si facile, que l'on pourrait presque l'employer les yeux fermés. D'ailleurs, il donne des épreuves de toute beauté, remarquables par la vigueur des clairs et des ombres. On n'y voit jamais ces nombreux petits points noirs qui gâtent les plus belles épreuves.

SECTION III. — DES SUBSTANCES ACCÉLÉRATRICES EMPLOYÉES A L'ÉTAT DE VAPEURS.

Des vapeurs en général, 66.

66. MM. Choiselat et Ratel ont eu les premiers l'idée d'employer le brôme à l'état de vapeurs, c'est-à-dire de recueillir la vapeur du brôme isolée du liquide où elle a pris naissance, et de la faire ainsi servir à activer la sensibilité des plaques photographiques. Le composé auquel ils se sont arrêtés, a reçu le nom de brômoforme, ou brômal, substance dont la préparation, très-difficile, ne peut être confiée qu'à un chimiste expérimenté; car MM. Choiselat et Ratel n'ont jamais fait connaître d'une manière bien positive la manipulation à suivre pour l'obtenir, et les notes qu'ils ont publiées sur ce sujet sont conçues dans des termes trop scientifiques et trop généraux pour pouvoir conduire à des applications pratiques. Il est fâcheux

aussi, que par suite d'un travers malheureusement commun à tous les photographistes, MM. Choiselat et Ratel se soient crus obligés d'exagérer la sensibilité du brômoforme; sans doute son action photogénique est dès plus énergiques, plus énergique peut-être que celle de l'eau brômée. Mais pour ne pas décourager les expérimentateurs, pour ne pas les conduire à douter de l'efficacité du procédé, il eût été plus prudent de rester dans les termes d'une exactitude plus rigoureuse.

Quoi qu'il en soit, l'emploi du brômoforme a produit entre les mains des inventeurs les plus admirables résultats, et il est très-probable que les partisans de la nouvelle méthode parviendront à obtenir les mêmes succès, aussitôt que la préparation mieux connue du brômoforme leur aura permis d'entreprendre un plus grand nombre d'expériences.

A l'exemple de MM. Choiselat et Ratel, plusieurs personnes ont proposé l'emploi de diverses substances, qui peuvent être utilisées sous la forme de vapeurs. Nous ferons connaître leurs procédés, après avoir reproduit textuellement les notes publiées par MM. Choiselat et Ratel.

§ IX. NOTES DE MM. CHOISELAT ET RATEL SUR L'EMPLOI DU BRÔMOFORME.

Première note, 67. — Deuxième note, 68. — Troisième note, 69.

67. *Première Note* (26 juin 1843).

« On admet généralement que, dans une image photographique, les blancs sont produits par du mercure métallique simplement déposé sur la plaque, ou bien amalgamé, et les noirs par le bruni même de l'argent; mais généralement aussi on s'abstient de détails sur la manière dont se passe le phénomène.

» Nous essayons ici de démontrer, par des considérations purement chimiques, que les blancs sont produits par des gouttelettes d'amalgame d'argent formées et déposées sur la surface du plaqué, et les noirs par le bruni même du métal et une poussière d'argent et de mercure.

» Cette théorie est fondée sur les trois faits suivants :

» 1° L'iodure d'argent, sous l'action de la lumière, est transformé en sous-iodure;

» 2° Ce sous-iodure, en contact avec le proto-iodure de mercure, donne naissance à de l'iodure rouge et à du mercure métallique;

» 3° Du mercure métallique, mis en contact avec de l'io-

dure d'argent, se convertit en proto-iodure, et de l'argent est mis en liberté.

» Pour le premier point, nous ne nous écartons pas de l'opinion générale : savoir, que l'iodure d'argent se convertit en proto-iodure ; et un fait qui, entre autres, semble confirmer cette opinion, c'est que si, après avoir exposé une plaque d'argent à la vapeur de l'iode, puis à la lumière, on la lave ensuite dans de l'hyposulfite de soude, il reste sensiblement à la surface une poudre insoluble de sous-iodure d'argent.

» Le deuxième fait se déduit de phénomènes déjà connus ; on sait en effet que les iodures basiques déterminent, avec le proto-iodure de mercure, la formation du bi-iodure de ce métal et un dépôt de mercure métallique.

» Le troisième fait peut se vérifier en mettant du mercure en excès au contact de l'iodure d'argent : on recueille bientôt de l'iodure vert de mercure et un amalgame d'argent.

» Ceci posé, considérons les conséquences des trois opérations principales de la photographie : l'exposition à la chambre noire, celle de la chambre à mercure, et le lavage.

» Une plaque ayant sa surface recouverte d'iodure d'argent, est soumise à la lumière de la chambre noire ; aussitôt l'action commence, mais avec une différence essentielle dans la manière dont elle est impressionnée ; en effet, au lieu d'une lumière uniformément répandue, elle reçoit ici une distribution inégalement répartie de rayons lumineux. Dès-lors l'iodure d'argent se modifie en raison directe des intensités. Là où la lumière est plus vive, il y a production abondante de sous-iodure d'argent et émission d'iode repris par la plaque ; là où doit apparaître une demi-teinte, la formation du sous-iodure est ralentie dans le même rapport que la diminution de la lumière elle-même ; enfin, dans les ombres les plus noires, l'iode n'est que très-faiblement attaqué, car l'absence de radiations ne saurait être telle qu'il ne puisse y avoir aucune altération de l'iodure d'argent.

» Que se passe-t-il maintenant quand une plaque ainsi influencée est exposée à la vapeur du mercure ?

» Ce métal commence par réagir sur tout l'iodure d'argent qu'il rencontre sur la plaque. Nous venons de voir que cet iodure a été parfaitement conservé dans les noirs, mais les blancs en présentent aussi une certaine quantité, quoique beaucoup moindre ; il est en effet dans les conditions d'une

bonne épreuve, qu'il n'y ait pas été entièrement décomposé. Dans les premières il se forme donc abondamment, et dans les secondes faiblement, du proto-iodure de mercure et de l'argent métallique. L'action s'arrête là pour les noirs, mais il n'en est pas de même pour les blancs, car le proto-iodure de mercure s'y trouvant en contact avec du sous-iodure d'argent, doit donner lieu à une double décomposition; le sous-iodure est réduit et le proto-iodure de mercure se divise : une partie passe à l'état de bi-iodure, tandis que l'autre, également réduite, devient alors la véritable source du mercure qui, s'unissant sans doute avec l'argent devenu libre, se dépose sur la plaque, mais sans s'y amalgamer. C'est donc par les parties les plus claires que l'image se révèle d'abord; elles absorbent d'autant plus de mercure, qu'ayant été exposées à une lumière plus vive, elles sont plus riches en sous-iodure. Les ombres les plus intenses, au contraire, n'offrant que de l'iodure d'argent à la réaction du mercure, celui-ci ne peut jamais produire qu'un voile plus ou moins profond d'iodure vert mêlé à de l'argent métallique, que son état de division extrême fait paraître noir; ce dernier restera donc en réserve pour former plus tard les noirs du tableau. Mais entre ces deux points extrêmes, entre ces ombres les plus fortes et les blancs les plus purs, il doit s'établir une demi-teinte admirablement fidèle; puisqu'elle est le résultat nécessaire du travail plus ou moins complet de la lumière, elle s'éclaircit ou se traduit en noir, suivant la richesse ou la pauvreté de la couche en sous-iodure d'argent.

» Aussi voit-on la plaque, au sortir de cette opération, s'offrir à l'œil avec une apparence noire ou verdâtre dans les ombres, là où le proto-iodure de mercure n'a point été décomposé, tandis qu'elle est rosée, et même souvent rouge vif, dans les blancs les plus intenses qui n'ont plus qu'un amalgame d'argent en gouttelettes imperceptibles, recouvert d'une couche de bi-iodure de mercure.

» Si l'on vient ensuite à laver cette plaque dans une dissolution d'hyposulfite de soude, l'iodure rouge de mercure se dissout; quant à l'iodure vert, il doit encore subir une décomposition : il se convertit en bi-iodure qui disparaît, et en mercure métallique qui reste sur la plaque.

» Ainsi donc, en résumé, les blancs sont produits par une poussière d'une grande ténuité d'amalgame d'argent simplement déposé sur la plaque; ces blancs sont d'un ton d'autant

plus vif, que cette poussière est plus abondante et plus riche en argent ; quant aux noirs, ils sont le résultat du dépôt d'un argent extrêmement divisé, mêlé mécaniquement à une très-grande quantité de mercure provenant du lavage.

» Nous espérons que cet exposé, quoique fort abrégé, satisfera à beaucoup de questions qui n'ont pas encore été parfaitement résolues, et offrira une infinité de ressources pour la production de belles épreuves ; car s'il paraît constant que de la répartition convenable du sous-iodure et de l'iodure d'argent dépend la beauté du résultat, on pourra, d'après la simple inspection d'une épreuve non lavée, modifier en conséquence son mode d'opérer. Quand la plaque, au sortir de la chambre à mercure, a un aspect terne ou verdâtre, c'est une preuve qu'il y a du proto-iodure de mercure sur les clairs ; que par conséquent la formation du bi-iodure indispensable a échoué pour quelque motif ; en un mot, que l'épreuve est pauvre en mercure, et par conséquent manquée.

» Or, de toutes les causes qui mettent obstacle à la formation du dessin photographique, la plus générale et en même temps la plus funeste, est, ce nous semble, la présence d'une trop grande quantité d'iode libre sur la plaque. On conçoit en effet qu'exposée à l'émanation de l'iode, la surface métallique ne l'absorbe pas entièrement, mais que l'iodure formé en retient emprisonnée une partie à l'état de liberté.

» Mais comment agit cet iode libre? Evidemment, il s'oppose doublement à la formation de l'image dans la chambre noire, en convertissant en iodure d'argent tout ce que la lumière transforme en sous-iodure (ce dernier ne pouvant exister au contact de l'iode), dans la chambre à mercure, en se combinant avec ce métal, et formant ainsi un voile d'iodure vert, s'opposant par là souverainement à la réaction des vapeurs mercurielles sur les couches inférieures. On peut aussi le considérer comme un obstacle éminent à la rapidité de la production de l'épreuve, puisqu'il tend à détruire constamment le travail de la lumière. Pour éviter tous ces inconvénients, il suffit d'ioder dans un endroit *convenablement* lumineux ; on voit, en effet, qu'il se forme dans ce cas un sous-iodure d'argent, qui retire à la plaque l'excès d'iode libre pour repasser à l'état d'iodure ; les réactions futures n'étant plus contrariées, la réussite devient, pour ainsi dire, assurée.

» On conçoit maintenant pourquoi il est si nécessaire de couvrir les bords du châssis de bandelettes de plaqué, afin

de le protéger contre les vapeurs de l'iode : l'émanation qui en résulterait ensuite serait nuisible à l'épreuve; car, d'après une déduction toute naturelle, on voit que cet iode détruirait le sous-iodure au fur et à mesure de sa formation, et s'opposerait aussi, plus tard, à l'action des vapeurs mercurielles, en produisant un proto-iodure inutile.

» Ainsi se trouve encore expliquée l'utilité de passer une plaque au mercure peu de temps après sa sortie de la chambre noire, l'iode qui peut encore s'y trouver à l'état libre devant nécessairement altérer l'impression produite par la lumière.

68. *Deuxième Note* (24 juillet 1843).

» Le chlorure et le brômure d'argent étant plus impressionnables à la lumière que l'iodure de ce métal, on en a conclu, dès l'origine, que c'était à leur formation que l'on devait attribuer l'accélération des images photographiques; néanmoins différentes considérations nous font envisager cette question sous un tout autre point de vue; nous allons les exposer aussi brièvement que possible.

» La quantité singulièrement faible de substances accélératrices condensées par la plaque, comparativement à l'iodure d'argent déjà formé, ne peut suffire à rendre compte de la différence énorme de rapidité qui en est le résultat.

» Le brôme ou le chlore ne peuvent être absorbés par la surface métallique abritée sous une couche relativement fort épaisse d'iodure d'argent; on ne voit pas non plus comment ils pourraient décomposer l'iodure, et, dans tous les cas, l'altération de l'iodure d'argent n'étant pas en harmonie avec celle des brômures, etc., devrait nécessairement apporter un trouble grave dans l'opération. De plus, il ne serait pas possible d'expliquer les réactions de la chambre à mercure, et ceci, en venant corroborer les idées que nous avons déjà émises précédemment, démontre parfaitement pourquoi l'on n'a jamais réussi à obtenir des vues sans iodure d'argent, c'est-à-dire avec le chlore ou le brôme seuls. Considérées sous ce point de vue, ces substances sont même tellement nuisibles, que si on dépasse de une ou deux secondes seulement le temps fixé pour l'exposition à leurs vapeurs, il y a absence complète d'images; car alors, ayant le temps de pénétrer jusqu'à l'argent, elles forment un brômure ou chlorure qui ne sont pas aptes à déterminer le dépôt des gouttelettes d'amalgame.

» Nous n'émettons, d'ailleurs, ces réflexions, que nous pourrions encore étayer de nombreuses observations, qu'avec

la plus grande réserve, et dans le seul désir de fixer l'attention des expérimentateurs.

» Réfléchissant à l'excessive minceur de la couche sensible, appréciée par M. Dumas à un millionième de millimètre, nous l'avons considérée comme étant diaphane, et par conséquent pénétrable aux rayons solaires dans toute son épaisseur; remarquant, en outre, qu'il est important que l'iodure d'argent ne soit pas converti en sous-iodure pour obtenir le meilleur résultat possible; nous sommes arrivés à conclure que la puissance photogénique des radiations lumineuses s'exerce dans un espace de temps pour ainsi dire insaisissable, peut-être même fort rapproché de l'instantanéité. L'image est donc dessinée sur la plaque dès les premiers moments de son exposition à la chambre noire, et si, à cet instant, rien ne se manifeste au mercure, cela ne peut tenir qu'à des causes particulières. En effet, il résulte de la théorie exposée dans une note précédente, que les diverses réactions peuvent être représentées par les formules suivantes :

» Pour la réaction de la lumière sur l'iodure d'argent (AGI étant la formule hypothétique du sous-iodure),

$$5\ AGI^2 = 2\ AGI + 3\ AGI^2 + 2\ I;$$

» Pour celle de mercure sur l'iodure d'argent,

$$3\ AGI^2 + 6\ HG = HG^6\ I^6 + 3\ AG;$$

» Pour celle du proto-iodure de mercure sur le sous-iodure d'argent,

$$2\ AGI + 6\ HGI = HG\ 4\ I^8 + {}^2HG + {}^2\ AG.$$

» Or, d'après ces formules, on voit que dans les clairs le sous-iodure devant être à l'iodure dans le rapport de 2 : 3, il n'est pas déraisonnable de soupçonner que cette proportion est très-rapidement établie, et que la cause véritable de ralentissement se trouve dans l'iode mis en liberté par la lumière; car celui-ci devient un double obstacle à la rapidité par sa tendance à reformer l'iodure, soit aux dépens du sous-iodure, soit aux dépens de la plaque; et c'est précisément là que se trouve le principe de la promptitude de l'opération; car si l'on considère le temps nécessaire à la production d'une épreuve comme formé essentiellement de deux éléments, l'un regardant la décomposition de l'iodure, l'autre l'absorption de l'iode; si l'on fait le premier nul, à cause de sa faible valeur,

le deuxième représentera évidemment le temps exigé pour la formation de l'image (1).

» Pour activer le travail de la lumière, il s'agit donc de rendre le plus court possible, le temps nécessaire à l'absorption de l'iode; or, tel est le rôle que nous semblent jouer les substances accélératrices, dont la puissance est due à trois causes: leur mélange intime avec l'iodure, leur affinité pour l'iode, enfin l'état naissant dans lequel se présente ce dernier.

» Mais comment le brôme adhère-t-il à la plaque, et à quel état s'y trouve-t-il? Nous avons vu qu'on peut regarder une plaque iodurée comme retenant toujours de l'iode libre; dès lors on comprend facilement ce qui doit se passer; ce même iode libre, en effet, est très-propre à retenir le chlore ou le brôme, il se sature donc de leurs vapeurs qui peuvent ainsi demeurer sur la plaque, se mêler intimement à l'iodure, et devenir d'autant plus efficaces qu'elles constitueront un composé plus riche en brôme ou en chlore.

» Or, une conséquence à tirer de cet exposé, c'est que moins il y a d'iode libre sur une plaque, moins il y a de brôme absorbé, l'expérience vient confirmer cette conjecture. Telle plaque qui, dans l'état normal, peut être exposée aux vapeurs du brôme pendant dix-huit secondes, s'en trouve saturée même après trois secondes, quand on la prive, autant qu'il est possible, de son iode libre.

» Une autre conséquence à déduire de ce qui précède, conséquence très-importante, puisqu'elle a son côté pratique, c'est qu'il n'est pas nécessaire qu'une substance puisse former avec l'argent un composé impressionnable pour contribuer à l'accélération de l'effet photographique; bien au contraire, il est utile, il est mieux que cette substance n'ait aucune affinité pour ce métal. On voit donc que le champ de recherche s'élargit considérablement, et que l'on n'est plus tenu à rester dans le cercle étroit du brôme et du chlore, pour aviser au moyen de rendre l'opération plus rapide.

» Néanmoins le brôme remplit très-bien ce but; mais on conçoit de suite que la combinaison formée n'est pas tellement stable, que les deux corps qui la composent ne puissent encore tendre à s'unir à l'argent, ce qui doit nécessairement apporter un certain retard à la manifestation de l'image: nous

(1) S'il était constant que l'image fût formée presque instantanément dans la chambre noire, l'action des verres continuateurs ne serait-elle pas plutôt, dans le cas qui nous occupe, une action protectrice, en déterminant l'élimination de l'iode, soit par l'évaporation, soit par un tout autre mode d'action analogue à cette explication.

avons donc pensé que la vitesse s'accroîtrait si l'on pouvait donner à ce composé une plus grande fixité, et fournir à la plaque, d'une manière indirecte, une plus forte dose de brôme ou de chlore.

» Les moyens dont nous nous servons consistent à faire arriver sur la plaque certaines substances que nous allons désigner; seules, elles n'agissent pour la plupart que faiblement, elles n'atteignent le maximum de puissance que lorsqu'elles sont mélangées au brôme ou au chlore, et ceci se conçoit, car nous avons vu qu'il faut un corps déjà préexistant sur la plaque pour retenir les substances accélératrices; or, les composés que nous employons, n'ayant pas assez d'affinité pour l'iode, ne peuvent s'y unir directement: il faut donc se servir du brôme ou du chlore comme de véhicules: ils se trouvent, dès-lors, entraînés avec eux, et restent sur la plaque où ils agiront plus tard, comme nous l'avons dit, et sans doute encore par voie de double décomposition.

» Les substances qui nous ont paru offrir le plus d'accroissement de rapidité, sont: l'hydrogène, le phosphore, et particulièrement le carbone.

» L'action de l'hydrogèue peut se vérifier au moyen d'un simple mélange de brôme et d'acide brômhydrique; celle du carbone, en ajoutant par portions à 10 grammes (2 gros 1/2) de brôme, environ 3 grammes (1 gros) de brômure d'hydrogène bi-carboné, ou d'éther brômhydrique: il est évident que ces deux corps peuvent être remplacés par une nombreuse série de substances organiques; tous les carbures d'hydrogène remplissent le même but: les résines, la plupart des huiles essentielles, l'eupion et presque tous les produits de la distillation des matières végétales, l'huile de naphte, etc., peuvent être ajoutés au brôme avec le plus grand avantage; mais on voit que, dans ce cas, il y a formation d'acide brômhydrique qui n'est pas nuisible, à la vérité; mais dont les vapeurs blanches très-abondantes peuvent être désagréables. On peut éviter cet inconvénient en se servant de brômure de carbone pur ajouté au brôme, ou simplement en projetant dans 5 grammes (1 gros 22 grains) de brôme, 2 grammes (1/2 gros) d'iodoforme; il se forme du brômure de carbone et du perbrômure d'iode en proportions convenables. Un autre moyen consiste dans l'emploi du brôme dissous dans du brômal; sans chercher à se procurer du brômal pur, on atteint le même résultat en versant dans 5 grammes (1 gros 22 grains) de brôme,

quelques gouttes d'alcool anhydrique; il y a formation de brômal et d'huile brômalcoolique, avec un excès de brôme nécessaire. L'alcool peut encore ici être remplacé par nombre de substances qu'il est inutile d'énumérer; nous citerons seulement les huiles grasses et siccatives, la plupart des graisses, l'esprit de bois et sans doute les nombreuses combinaisons du méthylène, l'esprit pyroacétique et pyroligneux, etc. Enfin le cyanogène donne quelque accroissement de vitesse.

» Des résultats satisfaisants sont aussi obtenus par le mélange de plusieurs de ces substances, et la présence de l'oxygène, dans la composition de quelques-unes d'entre elles, paraît favoriser la réaction plutôt que la ralentir. Plusieurs personnes semblent avoir remarqué parfois des variations irrégulières dans l'emploi du brôme : ne pourrait-on pas expliquer ceci par la production accidentelle d'acide brômhydrique ou de brômal?

» On arrive, par ces moyens, à prendre une vue en moins de deux secondes; toutefois, il faut remarquer que cette rapidité est calculée d'après un appareil pour grande plaque et à long foyer, de M. Charles Chevalier : il va sans dire qu'elle serait toute autre, si l'on faisait usage d'appareils à court foyer ou d'ouverture de diaphragme exagérée.

» Quant au mode d'emploi de ces composés, il paraît probable qu'ils peuvent être mis en usage par les moyens ordinaires, c'est-à-dire en les prenant à l'état de dissolution dans l'eau ou l'alcool; nous ne l'avons pas essayé, mais nous donnons ici la manière suivant laquelle nous avons toujours employé le brôme, et que nous avons préférée à cause des avantages qu'elle offre sous le rapport de la célérité et de l'extrême simplicité; elle consiste à prendre les substances accélératrices à l'état gazeux; pour cela, il suffit d'avoir à sa disposition une petite pompe graduée de la capacité de $0^{l}01$, terminée par un tube capillaire, et un flacon de $0^{l}02$ dans lequel on a introduit, une fois pour toutes, 20 à 25 gram. (5 à 6 gros) de la substance dont on a fait choix. Quand on veut prendre une vue, il suffit d'introduire dans le flacon le tube capillaire de la pipette, et de pomper environ un demi-centilitre de la vapeur répandue dans le flacon, puis d'injecter cette vapeur dans la boîte à brôme, au moyen d'une petite ouverture qu'on ferme ensuite. La boîte que M. Foucault a imaginée, pour l'emploi de l'eau brômée, convient parfaitement pour cet usage. Le temps d'ioder la plaque est ensuite suffisant pour

opérer complètement le mélange du gaz avec l'atmosphère de la boîte, et l'on compte ensuite à la manière ordinaire. Cette disposition évite ainsi un attirail embarrassant, et la liqueur contenue dans le flacon peut servir indéfiniment. »

69. *Troisième Note* (6 novembre 1843).

« L'iodure d'argent étant la couche impressionnable sur laquelle toutes les réactions doivent successivement se produire, c'est à sa formation régulière que l'on doit surtout s'appliquer : de là dépend toute la suite de l'opération; les qualités de cette couche peuvent se résumer dans trois conditions essentielles : richesse, sensibilité, limpidité.

» Certaines difficultés s'opposent à la réunion de ces trois conditions, et c'est ordinairement à leur absence qu'il faut attribuer les résultats incertains et défectueux d'un grand nombre d'expériences, résultat dont on accuse souvent à tort soit la substance accélératrice, soit toute autre cause illusoire. Aussi a-t-on vu se répandre, par suite de ces incertitudes, l'usage de ces nombreux moyens indirects, de ces liqueurs dites *allemandes*, qui, par leur composition, ont pu donner peut-être un résultat plus assuré, mais au détriment de la sensibilité et de la vigueur du dessin.

» Déjà nous avons dit comment la richesse est obtenue en iodant fortement, et la sensibilité, par l'addition du brômoforme, etc.; nous pensons aussi qu'on ne doit pas moins s'attacher à sa limpidité. Son défaut de transparence produit ce fâcheux effet, que la lumière, ne pouvant simultanément pénétrer dans toute son épaisseur, n'agit plus que partiellement ou successivement : de là un trouble grave dans le travail de la chambre noire, et ces trois conséquences malheureuses pour l'épreuve :

» Le sous-iodure d'argent n'est plus mélangé intimement avec l'iodure selon qu'il est nécessaire, ces deux corps se trouvant, pour ainsi dire, superposés en deux couches; par suite, point de vigueur dans les clairs et les noirs de l'image.

» Les réactions mercurielles n'ayant lieu que dans les couches supérieures, le dépôt de mercure ne se trouve plus dans une juxta-position parfaite avec la surface du plaqué; de là point de régularité dans la création du tableau, peu d'adhérence entre le mercure et la plaque, et absence de coloris dans le dessin.

» Enfin, la lumière, n'agissant plus que progressivement,

a toujours achevé le travail des clairs avant d'avoir complété celui des ombres : ainsi point d'harmonie entre les blancs et les noirs, point de détails dans les ombres.

» L'oubli de ces trois conditions importantes détermine, dans les épreuves, ces ombres si tranchées là où la nature ne nous offre que des demi-teintes ; c'est également par suite de cet oubli que l'on regarde à tort comme à peu près impossible de faire venir simultanément un objet d'un blanc pur, et un autre très-noir ; dans ce cas, l'un des deux objets ne viendra, dit-on, qu'au détriment de l'autre ; et cependant, si la limpidité de la couche sensible eût permis à chaque radiation de pénétrer également dans l'iodure d'argent, chaque objet eût apparu rigoureusement selon l'intensité de ces mêmes radiations, car on doit exiger du daguerréotype l'image exacte qui est peinte dans la chambre noire, tous les points de cette image agissant à la fois sur l'iodure, mais avec une énergie différente.

» Nous avons déjà signalé la funeste influence qu'exerce sur les épreuves une trop grande accumulation d'iode libre ; or, c'est encore son excès que nous devons ici redouter, car, outre qu'il enlève à la plaque cette limpidité indispensable, il étouffe aussi l'action des substances accélératrices, et s'oppose à l'absorption du brômoforme.

» En effet, nous avons cherché à démontrer que le brômoforme, brômal, etc., ne peuvent demeurer sur la plaque qu'avec l'auxiliaire du brôme ; ce dernier corps, formant avec l'iode libre un per-brômure d'iode, retient avec lui le brômoforme, et tous deux peuvent agir ensuite à la chambre noire. Or, qu'arrive-t-il quand la couche d'iodure a été mal préparée? L'iode libre étant en plus grande quantité qu'il ne doit l'être, au lieu d'un per-brômure, on n'a plus qu'un proto-brômure ; si donc la plaque est mise en cet état à la chambre noire, sa sensibilité sera moindre que dans le premier cas, car nous savons que l'absorption, par le brôme, de l'iode libéré, est en raison inverse de la quantité d'iode qu'il tient déjà en combinaison ; mais si, au lieu d'une simple émanation de brôme, on a recours à l'atmosphère mixte de brôme et de brômoforme, la plaque n'absorbe plus alors que le brôme et laisse le brômoforme, ce dernier ne pouvant rester dissous dans le brôme que si sa tendance de s'unir à lui n'est pas détruite, ou du moins considérablement diminuée par la combinaison de celui-ci avec un grand excès d'iode ; telle est, sans

doute, la cause de l'inégalité d'action qu'offrent les substances accélératrices entre les mains des divers opérateurs, cette singulière anomalie étant la conséquence du plus ou du moins de limpidité obtenue par suite de quelque négligence, ou d'une appréciation vicieuse dans la préparation de la couche sensible.

» Or, les raisons qui s'opposent à une préparation convenable étant très-multipliées, et exigeant ainsi des soins très-étendus, nous avons cherché à rendre ce travail plus facile, et nous croyons que le triple but que nous nous proposons, la célérité, la certitude de l'opération et la beauté singulière de l'image, sera atteint par l'usage d'un iode contenant, outre le brôme, les substances accélératrices que nous avons publiées. On peut arriver à ceci directement ou indirectement, en versant de l'alcool absolu sur l'iode; si, après que celui-ci a repris quelque consistance, on promène au-dessus un flacon débouché et incliné contenant du brôme, on voit qu'il y a formation de brômal, d'acide brômhydrique, et aussi d'un peu d'huile brômalcoolique, qui agissent comme il convient, c'est-à-dire en se mêlant plus intimement et plus abondamment à l'iodure, en contribuant par eux-mêmes à l'absorption du brôme, et peut-être aussi en remplaçant l'iode libre en partie.

» Si l'on se sert ensuite de brômoforme, on remarquera l'extrême sensibilité que nous avons annoncée; le mélange auquel nous donnons la préférence est composé de 8 à 10 grammes (2 gros à 2 gros 1/2) de brôme, contre 20 grammes (5 gros 16 grains) de brômoforme.

» Une plaque ainsi préparée doit présenter les caractères suivants : après l'ioduration, être rouge dans l'angle de réflexion d'un papier blanc, et vert-olive translucide vue de face, sans aucun signe d'opacité ou de couleur différente; après l'exposition aux vapeurs mercurielles, être rouge vif dans les clairs, ou, ce qui vaut mieux encore, d'une couleur bleuâtre tirant sur un violet très-clair. Nous ajoutons qu'il est préférable d'avoir une boîte disposée de telle sorte que la planchette portant la plaque soit isolée de ses parois, afin que la vapeur puisse circuler sans aucun obstacle, comme aussi d'ioder directement, tamisant seulement la vapeur à travers une étoffe de verre, s'il était possible : les dispositions primitives de M. Daguerre sont ainsi à peu près conservées.

» Si, parfois, certaines boîtes d'iode ont paru meilleures que d'autres, et si des traces d'humidité s'y sont manifestées, on peut, sans doute, l'attribuer à la présence de l'acide hydriodique provenant de la décomposition de matières organiques, condensant l'humidité de l'atmosphère; il faut obvier à cet inconvénient en exposant la boîte au grand air, ou en ajoutant de l'iode. »

§ X. DE L'EMPLOI DE L'ACIDE CHLOREUX COMME SUBSTANCE ACCÉLÉRATRICE, PAR M. BELFIED-LEFÈVRE.

70. Lorsque l'on expose la couche iodurée qui doit recevoir l'image de la chambre noire, à l'action du gaz acide chloreux pur, celui-ci est absorbé, et la sensibilité de la couche iodurée s'en accroît dans la proportion de 1 à 180 environ.

Pour obtenir cette sensibilité extrême, qui est un maximum, il suffit que la couche iodurée soit soumise, pendant 90 secondes, à l'action d'une atmosphère contenant 2 millièmes de son volume de gaz acide chloreux. Une exposition plus prolongée à une atmosphère plus chargée de vapeur chloreuse n'accroît plus la sensibilité de la couche impressionnable, mais elle n'entraîne non plus aucun de ces accidents fâcheux qui résultent d'ordinaire de faibles excès dans les dosages des substances accélératrices.

La sensibilité de la couche iodurée, saturée de gaz acide chloreux, nous a toujours paru parfaitement constante. Nous osons donc espérer que la photométrie pourra compter un nouveau moyen de mesurer l'action chimique des radiations lumineuses.

L'emploi de l'acide chloreux en photographie a, en outre, cet avantage bien remarquable, qu'il ne permet pas cette réduction complète de l'iodure d'argent, d'où résulte la coloration en bleu. Les épreuves *passent*, mais elles ne *brûlent* pas. En d'autres termes, la réduction s'arrête, pour les grandes lumières, aussitôt que celles-ci ont acquis leur pleine valeur; mais, si l'exposition à la chambre noire est prolongée au-delà de ce terme, la réduction continuera de s'effectuer dans les demi-teintes et dans les noirs jusqu'à ce que l'image soit entièrement nivelée.

Ces modes d'agir de l'acide chloreux nous paraissent faciles à expliquer.

Absorbé dans l'obscurité par la couche impressionnable que

nous savons être composée de carbure d'hydrogène et d'iodure d'argent, le gaz acide chloreux pur ne peut réagir directement ni sur l'un ni sur l'autre de ces deux éléments distincts. On conçoit, dès-lors, que la couche iodurée puisse être exposée à un excès de gaz acide chloreux, sans que l'on ait à redouter les accidents que détermine l'excès de chlore ou de brôme libres, et qui tiennent à ce que ces substances, employées pures, réagissent sur le carbure d'hydrogène pour former des hydracides, et sur l'iodure d'argent pour former des chlorures et des brômures. La substitution d'une combinaison oxygénée de chlore au chlore lui-même permettra donc toujours d'atteindre au maximum de sensibilité de la couche impressionnable, et ce maximum sera une quantité à peu près constante.

Soumis à l'action de la lumière, l'acide chloreux et le carbure d'hydrogène réagissent l'un sur l'autre par voie de double décomposition. Le chlore de l'acide brûle tout l'hydrogène du carbure pour former de l'acide chlorhydrique, et l'oxygène brûle une portion du carbone, tandis que le résidu du carbone forme un carbure d'iode aux dépens de l'iodure d'argent réduit. Le point de départ du phénomène est donc la tendance de l'acide chloreux à se décomposer en présence d'un carbure d'hydrogène et sous l'influence de la lumière solaire : le résultat définitif, c'est la réduction de l'iodure d'argent à l'aide du carbone naissant. La rapidité extrême avec laquelle l'image se forme nous paraît ainsi suffisamment expliquée.

Pour que le résultat soit atteint avec certitude, il faut, et il suffit, que la quantité de chlore absorbé puisse brûler tout l'hydrogène du carbure. Un excès réagirait, sous l'influence de la lumière, sur l'iodure d'argent, et cet excès se traduit sur l'épreuve par une tache blanche, nacrée, chatoyante et limitée par les lignes mêmes de l'image.

Nous avons avancé que, dans la formation de l'image daguerrienne, il y avait à la fois oxydation ou résinification de la couche organique superficielle, et réduction de la couche profonde. En substituant au chlore ou au brôme une de leurs combinaisons oxygénées, on transforme, et cela doit être, l'oxydation de la matière organique en une combustion complète. Cette modification dans l'action chimique entraîne nécessairement des modifications correspondantes dans l'image produite. Et en effet, dans les procédés ordinaires, lors-

que l'image est formée par l'action de la lumière dans la chambre noire, il reste à la surface de l'iodure partiellement réduit, une résine pulvérulente qui complétera l'œuvre de la réduction si l'exposition se prolonge; et, lorsque la vapeur de mercure se condensera sur l'épreuve, cette résine, interposée entre elle et l'iodure d'argent, retardera pendant un temps la réaction. En substituant l'acide chloreux au brôme, et, par suite, la combustion du carbure d'hydrogène à son oxydation, il doit en résulter que la réduction de l'iodure d'argent, dans la chambre noire, s'arrêtera dès-lors qu'il n'y aura plus de carbone libre pour l'effectuer, et que l'image apparaîtra sous la vapeur du mercure dès l'instant où celle-ci sera condensée à la surface de l'épreuve. Et c'est bien là, en effet, ce qui a lieu.

Voici une méthode que l'on peut suivre dans l'emploi du gaz acide chloreux.

« On fait fondre dans une capsule de porcelaine, et à une douce chaleur, du chlorate de potasse cristallisé. Lorsque la masse vitrifiée est refroidie, on en introduit quelques grossiers fragments, 4 à 5 décigrammes (7 à 9 grains) peut-être, dans un flacon de la contenance de 1 centilitre environ : on verse sur ces fragments 4 à 5 grammes (75 à 92 grains) d'acide sulfurique pur et concentré, et on conserve le mélange soigneusement abrité de toute lumière. Le flacon ne tarde pas à se remplir de gaz acide chloreux, que l'on peut y puiser avec une petite pompe en cristal, pour l'injecter ensuite dans la capsule à brôme, suivant l'ingénieux procédé indiqué par M. Choiselat pour l'emploi du brômoforme. Un centimètre cube de gaz, pour une surface iodurée de 1 décimètre carré, sera un dosage approximatif assez exact. »

Le gaz acide chloreux ne nous a pas paru présenter des résultats comparables à ceux fournis par le brômoforme; il répand, en outre, une odeur très-désagréable, qu'on doit éviter de respirer trop longtemps.

§ XI. EMPLOI DE LA VAPEUR DE BROME, Par le Docteur FAU.

71. Le docteur Fau prépare une solution saturée de brôme, en ajoutant 8 à 10 gouttes de brôme dans 5 grammes (1 gros 22 grains) d'eau distillée, renfermée dans un flacon d'une contenance de 15 à 20 grammes (4 à 5 gros). Il doit toujours

rester un peu de brôme non dissous au fond du flacon, et on le remplacera à mesure qu'il se dissoudra.

La plaque étant iodée *rose vif*, en évitant de la laisser passer au violet, on prend, au moyen d'une pipette graduée, 16 millimètres cubes de la vapeur qui se tient à la superficie de l'eau brômée, et on injecte cette vapeur dans la boîte à brôme, dont l'orifice est rebouché aussitôt. On laisse écouler 30 secondes, pour que la vapeur se répande uniformément dans l'atmosphère de la boîte; on ouvre alors la trappe de verre, et la plaque reste soumise pendant 8 à 10 secondes aux vapeurs du brôme; après quoi, elle peut recevoir l'impression lumineuse.

Ces proportions sont calculées pour un appareil quart de plaque; elles devraient donc être modifiées, si l'on avait à opérer sur des plaques de plus grande dimension.

§ XII. DE LA VAPEUR DE BROMURE D'IODE.

72. En indiquant, N° 63, la manière de préparer le brômure concentré qui sert à composer notre brômure d'iode constant, nous avons dit, en note, qu'à cet état de saturation le brômure pouvait être employé sous la forme de vapeur. Il suffit, pour cela, de se conformer à tout ce qui vient d'être dit, N° 71, pour l'emploi de la vapeur de brôme de M. Fau.

§ XIII. APPAREIL RÉGULATEUR DE M. LE LIEUTENANT BEQUET, APPLICABLE A TOUTES LES SUBSTANCES ACCÉLÉRATRICES.

73. En parlant des substances accélératrices (N° 36-53), nous avons indiqué les nombreux obstacles qui rendent leur emploi si difficile et si incertain, et parmi les causes d'insuccès qui arrêtent si souvent les commençants, nous avons signalé : la difficulté de préparation des diverses substances, les variations qu'elles éprouvent par suite de leur décomposition spontanée, enfin l'irrégularité de leur évaporation suivant les diverses circonstances dans lesquelles on opère. A force de persévérance, M. le lieutenant Bequet est parvenu à remédier à tous ces inconvénients au moyen d'un *appareil-régulateur*, pour lequel il a pris un brevet d'invention.

MM. Laurent et Compagnie, cessionnaires de ce brevet, et M. Bequet lui-même ont bien voulu nous fournir des détails circonstanciés sur le nouvel appareil, ils ont eu même la complaisance de le faire fonctionner devant nous, et nous devons dire que cette invention, basée sur une idée aussi simple qu'ingénieuse, nous a paru remplir parfaitement le but que s'est

proposé M. Bequet. Toutefois la discrétion nous fait une loi de ne faire connaître ici cet appareil qu'en termes généraux, car il est juste que l'inventeur puisse en toute liberté tirer parti de sa découverte.

L'appareil-régulateur se compose d'une boîte rectangulaire construite en bois de chêne, munie d'un thermomètre, et renfermant les capsules à brômer, la substance accélératrice et tous les produits chimiques qui sont nécessaires pour l'emploi de cet appareil.

L'invention de M. Bequet peut se résumer ainsi : La substance accélératrice, quelle qu'elle soit, est mise dans des conditions telles que son évaporation est toujours la même dans un temps donné, en toutes saisons, en tous lieux et par toutes les températures. La plaque reçoit donc toujours une même quantité de vapeurs accélératrices, sa sensibilité est toujours identiquement la même, et l'expérimentateur n'a plus à tenir compte que des variations qui peuvent survenir dans l'intensité de la lumière.

L'appareil-régulateur est applicable à toutes les substances accélératrices, sans exception; M. Bequet est même parvenu à employer ainsi le brômoforme de MM. Choiselat et Ratel, à l'état de dilution dans une certaine quantité d'eau déterminée une fois pour toutes.

En un mot, l'invention de M. Bequet fait disparaître les principales difficultés que présentait la photographie, et, sous ce rapport, elle nous paraît appelée à un grand succès.

Le dépôt des appareils-régulateurs est : *chez MM. Laurent et Compagnie, rue du Rocher, n° 56, à Paris.*

CHAPITRE III.

DE L'EXPOSITION A LA CHAMBRE OBSCURE.

Des différentes espèces de châssis, 74. — Des planchettes courbées, 75. — Importance de la mise au foyer, moyen de l'obtenir avec précision, 76. — Incertitude de la durée de l'exposition à la lumière, 77. — Influence de la lumière, 78. — Influence de l'appareil optique, 79. — Influence des substances accélératrices, 80. — Données approximatives, 81. — Reproduction des vues, paysages, objets d'art, gravures, monuments, tableaux, 82.

74. On a vu que la plaque, après avoir été soumise à l'influence de l'iode et de la substance accélératrice, doit être désormais tenue à l'abri de la lumière et renfermée dans un cadre, pour être ensuite exposée à la chambre obscure. Cette

exposition doit avoir lieu peu de temps après l'application de la couche sensible. (*Voyez* N° 34.)

M. Daguerre renfermait la plaque dans un châssis ou cadre à double volet, qui s'ouvrait au moyen de deux quarts de cercle en cuivre. Cette construction, sujette à plusieurs inconvénients que tout le monde peut apprécier, a été généralement remplacée par le cadre à coulisse imaginé par M. Séguier. C'est une espèce de boîte analogue à celles qui servent à renfermer les jeux de patience, et dont la description serait superflue, parce qu'elle est connue de tout le monde. (Voyez *fig.* 29, *Pl.* II.) Depuis, M. Charles Chevalier a construit un châssis beaucoup plus ingénieux, et dont la porte unique s'ouvre et se ferme à l'aide d'un levier fort simple placé en dehors de l'appareil. Nous pensons que cette dernière espèce de cadre doit être préférée à toutes les autres. Quel que soit, au reste, le système adopté, la plaque sera disposée dans le cadre de manière à être complètement à l'abri de la lumière, jusqu'au moment où elle sera démasquée pour recevoir l'impression lumineuse.

75. Quelques auteurs ont conseillé l'emploi de planchettes recourbées suivant le sens de leur longueur; ils espéraient, par là, corriger en partie l'aberration sphérique, du moins sur la plus grande dimension de la plaque. Mais cet expédient est loin d'atteindre le but qu'on se propose; car, outre l'embarras qui en résulte dans la pratique, la courbure des plaques doit nécessairement apporter une grande perturbation dans les opérations déjà si difficiles de l'application de la couche sensible, puisqu'alors tous les points de la plaque ne sont plus à égale distance de la surface qui dégage l'iode ou le brôme. On aurait peut-être encore passé par-dessus ces inconvénients, si le moyen proposé corrigeait, en effet, l'aberration de sphéricité. Mais, pour obtenir un résultat utile, ce n'était pas une courbure *cylindrique*, mais bien une courbure *sphérique* qu'il fallait donner aux plaques. Il fallait, de plus, que le rayon de cette sphère fût différent, suivant la distance variable qui doit exister entre la plaque et le verre, c'est-à-dire, suivant le plus ou moins d'éloignement des objets à reproduire. Or, était-il possible de se procurer des plaques établies dans ces conditions si difficiles et si variées? Disons-le donc nettement, les planchettes courbes n'ont pu être proposées que pour atténuer l'effet de certaines combinaisons optiques défectueuses. C'est au public à exiger des objectifs qui puissent se passer de cet expédient aussi inefficace qu'incommode.

76. La mise au point avec une exactitude rigoureuse, est une condition indispensable si l'on veut obtenir des épreuves d'une netteté parfaite; car, dans tout appareil bien construit, l'image obtenue sur la plaque doit être la reproduction fidèle de celle qu'on a observée sur le verre dépoli. Il faut donc s'assurer, avant tout, que la chambre noire a été construite de manière à ce que la plaque occupe *précisément* la place où se trouvait la glace dépolie. La plus légère différence, ne fût-elle que d'une fraction de millimètre, peut compromettre la réussite de l'épreuve.

Que dirons-nous donc de ces appareils où, pour obtenir la netteté, on est obligé de se guider, non pas sur le foyer visuel, mais bien sur un foyer *chimique* ou *photogénique*, que rien ne peut aider à préciser? Que dirons-nous encore de ces constructions où la mise au point est déterminée à l'avance par des repères fixés souvent au hasard pour telle ou telle distance? N'est-ce pas livrer à des chances tout-à-fait aventureuses une opération où la précision la plus rigoureuse n'obtient pas toujours le succès?

Quels que soient les objets qu'on veut reproduire, portraits, paysages ou gravures, l'objectif de l'appareil doit toujours être braqué dans une direction parfaitement horizontale, et cette condition est si essentielle que, pour la remplir, M. Middletton, amateur des plus distingués, se sert constamment d'un niveau qu'il pose sur le dessus de la chambre noire.

Cette première disposition prise, on mettra d'abord la chambre noire approximativement au foyer pour l'objet qu'on veut reproduire; faisant alors jouer la crémaillère qui fait avancer ou reculer l'objectif, on étudiera avec attention sur la glace dépolie le point où cet objet s'y dessine dans son maximum de netteté. On pourra, si l'on veut, dans cette opération, emprunter le secours d'une loupe; mais avec un peu d'habitude, on parviendra facilement à distinguer, à l'aide de la vue simple, le moment où l'image a atteint toute sa pureté. C'est alors le moment de substituer le châssis à la glace dépolie, on ouvre ensuite avec précaution le volet de ce châssis et l'obturateur qui masque l'objectif, car si on les ouvrait d'une manière brusque, outre le danger d'imprimer à l'appareil un mouvement d'oscillation, on courrait encore le risque d'envoyer, sur la plaque, les poussières et autres corpuscules qui peuvent se trouver dans l'atmosphère de la chambre noire. — (*Voyez* ce qui a été déjà dit au N° 6, sur la manière de mettre au foyer).

77. Il nous reste à parler de la durée de l'exposition de la plaque aux rayons lumineux, et c'est peut-être là le point le plus délicat de tout le procédé, puisque la théorie ne peut fournir que des données approximatives sur la durée de cette opération. Jusqu'ici la science a été impuissante à créer un photomètre, et, en l'absence de cet instrument, on ne peut arriver à la précision nécessaire qu'en prenant pour guide l'expérience.

78. Un grand nombre de circonstances concourent à la formation plus ou moins rapide de l'image reçue dans la chambre obscure. Nous placerons en première ligne l'état de l'atmosphère, l'influence de la saison, l'intensité et la couleur de la lumière solaire, selon que cet astre est plus ou moins près de l'horizon, la nuance plus ou moins photogénique des objets, et la manière dont ils sont éclairés. Il est évident que ces différentes causes doivent modifier la durée de l'exposition de la plaque, suivant qu'elles sont plus ou moins favorables à la production de l'image.

79. D'autres causes sont inhérentes à la construction de la chambre noire: ainsi, la longueur du foyer de l'objectif, l'ouverture étroite du diaphragme et le rapprochement de l'objet seront des motifs pour prolonger l'exposition de la plaque, tandis que si le foyer est court, le diaphragme plus large, et le modèle plus éloigné, un moindre espace de temps suffira pour obtenir l'image. Avec les objectifs à double verre, qui, à foyer égal, supportent une plus grande ouverture que les verres simples, l'exposition pourra être considérablement réduite.

80. Enfin, il faut encore avoir égard au plus ou moins de sensibilité des substances accélératrices qu'on aura employées, et cette différence peut provenir ou de leur nature ou de leur préparation.

On a bien quelques données approximatives sur la promptitude particulière à chacune de ces substances, et, sous ce rapport, elles pourraient être classées dans l'ordre progressif suivant:

Chlorure d'iode,
{ Chloro-brômure d'iode,
{ Brômures d'iode,
Eau brômée,
Brômoforme (agent le plus prompt);

mais cet ordre pourra être interverti, et la puissance de cha-

que agent photogénique être modifiée, soit par la manière dont il aura été préparé, soit par son degré d'évaporation, soit enfin par son mode d'application plus ou moins précis sur la couche préalable d'iode.

81. D'après ce que nous venons de dire, on voit qu'il est impossible de déterminer d'une manière précise le temps nécessaire pour compléter l'action photogénique, puisque la promptitude de cette action est subordonnée à une foule de circonstances nécessairement variables et qui peuvent se modifier à l'infini. Aussi, nous nous abstiendrons d'indiquer ici la durée probable de l'exposition nécessaire pour chaque grandeur d'appareil et pour chaque substance, dans toutes les conditions qui peuvent se présenter. Un pareil travail, s'il était possible, aurait pour inconvénient d'apporter la confusion et le découragement dans l'esprit des expérimentateurs.

Ce n'est donc qu'après avoir expérimenté une substance, qu'on pourra s'assurer de son plus ou moins d'énergie photogénique ; et d'après le résultat obtenu sur une épreuve *d'essai*, il sera facile désormais d'évaluer le temps d'exposition nécessaire pour obtenir une image parfaite. On reconnaîtra que le point convenable a été dépassé, si les clairs, au lieu d'être blancs, se trouvaient noircis ; c'est ce qu'en photographie on appelle la *solarisation* ; si, au contraire, l'exposition à la lumière n'avait pas été assez prolongée, l'épreuve serait vague, ses contours indéterminés ; les détails mal venus, ou bien les parties claires de l'image seraient seules apparentes. Il sera alors facile d'éviter le même défaut aux épreuves suivantes, en diminuant ou en augmentant la durée de l'exposition.

Avec un peu d'exercice on acquerra, plus facilement qu'on ne le pense, l'habitude de saisir le point convenable, mais il faut bien se garder de vouloir rivaliser avec ces épreuves prétendues *instantanées*, résultats fabuleux que n'ont jamais atteints les photographistes qui comptent exactement les secondes.

82. C'est ici le lieu de faire connaître les dispositions à prendre pour réussir dans la reproduction des vues, des paysages et des objets d'art. Cette partie de la photographie a été trop négligée, peut-être, dans les dernières publications où l'on s'est surtout préoccupé de la confection des portraits ; mais elle n'a point échappé à l'attention de M. Charles Chevalier, et nous ne pouvons mieux faire que de le citer textuellement.

« Pour reproduire un *monument*, il faut pouvoir se placer à une certaine distance du modèle et au niveau du centre de l'élévation. L'intervalle qui existe entre la chambre obscure et l'édifice doit égaler environ deux ou trois fois la hauteur de ce dernier. Si l'on se plaçait trop près et sur le sol, on ne pourrait obtenir que la moitié inférieure du monument, et si l'on inclinait la chambre obscure de manière à comprendre la totalité du modèle dans le champ de la glace dépolie, les parties les plus élevées ne seraient pas nettes, et la masse entière semblerait tomber à la renverse. Règle générale : *l'objectif doit toujours être parallèle au plan du modèle.* (Voyez N° 76.)

» Quand on veut copier des détails d'architecture, on se place plus près du monument.

» Si l'édifice qu'on cherche à reproduire est blanc ou récemment construit, la lumière diffuse sera préférable aux rayons solaires directs. Sous l'influence d'une lumière trop vive, on est presque toujours sûr, en pareille circonstance, de *solariser* les épreuves.

» Mais, lorsque la couleur du monument est sombre, et surtout quand les détails sont d'une grande richesse, il faut, autant que possible, attendre que le soleil l'éclaire horizontalement. On trouve un exemple frappant du précepte que nous venons d'exposer, dans la belle cathédrale de Paris, dont les fines découpures seraient effacées par des flots de lumière, tandis que, vers deux ou trois heures, elles se détachent avec une admirable netteté.

» Il faut éviter de réunir sur la même plaque des édifices neufs ou récrépis et de vieilles constructions, surtout quand ces dernières forment le sujet principal du tableau. Le temps nécessaire à la reproduction des objets lumineux serait dépassé de beaucoup, avant que la lumière eût traduit sur la plaque tous les détails des vieux bâtiments; et, d'une part, on n'aurait que des masses bleues et confuses, tandis que, de l'autre, on ne distinguerait qu'une silhouette sans détails. Lorsqu'un monument, une réunion d'édifices, présentent plusieurs plans, toutes leurs images ne se peignent pas avec la même netteté sur la glace dépolie, en raison de la multiplicité des foyers. Il faudra donc choisir un terme moyen pour la mise au point, et se régler sur une partie située vers le centre de la perspective.

» Le *paysage* sera copié pendant un jour pur et calme; le

moindre vent agite les eaux et le feuillage des arbres; les premières perdent leur transparence sur l'épreuve, tandis que les autres forment des touffes sombres et cotonneuses qui nuisent singulièrement à l'effet général. Rien n'est plus admirable qu'une belle perspective reproduite au moyen du daguerréotype; mais il faut bien se garder de vouloir donner la même netteté aux premiers et aux derniers plans; ce serait dévoiler une ignorance complète des plus simples notions artistiques. Les lointains doivent se fondre, en quelque sorte, avec l'horizon, et toute la vigueur sera réservée aux plans antérieurs. C'est donc sur ces derniers qu'on se règlera pour la mise au point.

» Autant que possible, on choisira un objet à tons chauds et vigoureux, pour en former le premier plan. Il agira, suivant l'expression artistique, comme *repoussoir*, donnera de la solidité au tableau et augmentera l'effet des lointains et la lumière des plans moyens.

» *Les groupes d'objets d'art* forment des tableaux très-gracieux, et sont faciles à reproduire. Qu'on ne s'imagine cependant pas qu'il suffise de les placer au hasard sur une table; ils doivent être disposés dans le même plan sur des tablettes, ou accrochés contre un mur recouvert d'une tapisserie en laine ou en soie tendue ou élégamment drapée. On cherchera les oppositions, en plaçant les objets d'un blanc mat à côté de ceux qui réfléchissent la lumière, ou dont la couleur est sombre. Il est facile de varier les teintes en colorant des plâtres de différentes manières. On évitera d'employer un fond blanc, qui ne ferait pas ressortir les statuettes et les objets brillants; un rideau bleu foncé ou violet produira un fort bon effet. On ne saurait choisir de meilleurs modèles, en ce genre, que les belles épreuves de M. Hubert et du baron Séguier. Ce dernier a bien voulu nous donner un de ses groupes, qui, bien qu'exécuté depuis fort longtemps et par les anciens procédés, excite toujours l'admiration des artistes.

» Choisit-on pour modèle un buste ou une statuette isolée, on obtiendra un effet admirable en plaçant l'objet devant un rideau noir bien tendu. Mais il faut que l'étoffe soit d'un noir bien mat, car la moindre réflexion produirait un clair sur l'épreuve, et l'effet serait manqué. On doit préférer le velours à toutes les autres étoffes.

» Les groupes se font en plein air, dans un jardin ou sur une terrasse; cependant on peut opérer dans un atelier, en

faisant arriver la lumière sur l'objet, horizontalement et par un large châssis.

C'est avec notre objectif double que l'on obtient les plus belles épreuves en ce genre (1).

La reproduction des tableaux à l'huile est une chose fort difficile, car leurs différentes couleurs ne se traduisent pas dans le même ordre photogénique de dégradations de teintes que la peinture offre à nos yeux; en général, il faut une exposition beaucoup plus prolongée pour obtenir un succès auquel on n'arrive pas toujours.

CHAPITRE IV.

DE L'EXPOSITION AU MERCURE ET DES VERRES CONTINUATEURS.

Nouvelle construction des boîtes à mercure et leur usage, 83. — Modification de M. de Brébisson, et amalgames, 84. — Usage des verres continuateurs, 85.

83. Les modifications apportées à la construction de la boîte au mercure sont peu importantes. Celles que l'on fait aujourd'hui ont l'avantage d'être très-portatives, parce qu'elles se replient sur elles-mêmes; nous citerons, entre autres, les formes adoptées par MM. Charles Chevalier, Lerebours et Buron. (*fig.* 6 et 12, *Pl.* I; et *fig.* 32 et 36, *Pl.* II.)

Le thermomètre a été supprimé dans presque toutes les nouvelles constructions; son extrême fragilité et la difficulté de le remplacer lorsqu'il venait à être cassé, ont fait renoncer à son usage; un peu d'habitude suffit en très-peu de temps pour faire reconnaître le degré de chaleur convenable; on l'apprécie facilement par le simple contact de la main. Au reste, on ne courra jamais aucun risque en chauffant modérément; l'épreuve vient alors avec plus de lenteur, mais elle acquiert plus de perfection et de modelé. On doit la retirer de la boîte aussitôt qu'elle est complète.

L'amélioration la plus remarquable qu'on ait faite à la boîte à mercure, consiste dans l'adjonction d'un verre jaune (*u*, *v*, *x*, *fig.* 12) sur un de ses côtés. On présente devant ce verre une bougie, tandis que par un autre verre blanc (*p*, *q*, *fig.* 12), protégé par un écran noir ou par une porte, on peut constater les progrès de la formation de l'image.

Lorsqu'on voulait vider le mercure pour emporter l'ap-

(1) On trouvera au Livre IV la description de l'appareil à verres combinés de M. Charles Chevalier.

pareil en voyage, on était exposé à en perdre une grande partie, parce qu'il fallait renverser la boîte pour l'en extraire; aujourd'hui le fond des boîtes à mercure se compose d'un tiroir muni d'une capsule en tôle, et rien n'est plus facile que d'y verser le mercure ou de l'en retirer.

84. Le mercure, à cause de son poids et de son extrême divisibilité, est difficile à transporter en voyage. Pour obvier à ces inconvénients, M. de Brébisson le renferme dans un nouet de toile serrée, qu'il place dans la capsule qu'on chauffe ensuite comme à l'ordinaire. On n'a plus à craindre, par ce moyen, de perdre le mercure, et ses émanations arrivent plus divisées sur l'épreuve.

MM. Charbonnier, Soleil et d'autres personnes avaient proposé de remplacer le mercure liquide par des amalgames de ce métal, ou par des alliages fusibles qui, en se liquéfiant, indiquaient qu'on avait atteint le degré de température convenable pour faire paraître l'épreuve. Tous ces moyens sont aujourd'hui abandonnés, et l'on est revenu au mercure liquide indiqué par M. Daguerre.

85. On a cru, pendant longtemps, que l'exposition aux vapeurs mercurielles était indispensable à la formation des images photographiques. Les savantes recherches de M. Edmond Becquerel sur la propriété continuatrice des verres colorés sont venues détruire cette opinion, mais en même temps jeter une nouvelle incertitude sur la théorie encore inexpliquée du daguerréotype.

Sans aucun doute, les résultats obtenus à l'aide des verres continuateurs étaient fort remarquables, surtout avant l'adoption des substances accélératrices, néanmoins cette découverte, comme toutes les nouveautés, a été vantée outre mesure, et aujourd'hui elle ne peut plus guère être considérée que comme un document intéressant pour l'histoire de la photographie.

MM. Buron, Gaudin, Lerebours et de Brébisson se sont livrés à une foule d'expériences sur les effets continuateurs des verres rouges et jaunes, et, malgré tout l'intérêt qui se rattache à cette remarquable propriété de la lumière modifiée par la couleur d'un verre, ils s'accordent à dire que les épreuves ainsi obtenues manquent de vigueur et de netteté; elles ont en outre une apparence terne et miroitante. Il faut donc renoncer à l'idée de remplacer les fumigations mercurielles par l'action des verres colorés, et la boîte à mercure demeure jusqu'à présent un accessoire obligé du daguerréotype.

Néanmoins, pour ne rien laisser ignorer à nos lecteurs, voici en peu de mots le moyen de continuer les épreuves sous l'influence des verres colorés :

L'épreuve, après une très-courte exposition à la chambre noire, est renfermée dans un étui dont un côté est en verre jaune ou rouge. En cet état, on l'expose pendant 8 ou 10 minutes aux rayons directs du soleil. Au bout de ce temps, l'image sera devenue visible. Le verre jaune doit être employé pour les plaques simplement iodées, mais le verre rouge est indispensable, lorsqu'on a appliqué une substance accélératrice.

Nous n'avons point à approfondir ici la théorie de la formation des images daguerriennes, un pareil sujet nous menerait trop loin de notre but, et pourrait nous égarer dans le vaste champ des conjectures. Nous ferons seulement observer que l'apparition de l'image par l'interposition d'un verre coloré, ne s'accorde guère avec l'opinion de ceux qui attribuent la production de cette image, soit à un amalgame de mercure, soit à des globules infiniment petits de ce métal qui viendraient s'accumuler à la surface de la plaque, dans les endroits où elle a subi les radiations lumineuses, et dans le même ordre que ces radiations.

CHAPITRE V.

DU LAVAGE ET DU FIXAGE DES ÉPREUVES.

ARTICLE Ier. — DU LAVAGE A L'HYPOSULFITE.

Formule de M. de Brébisson, 86. — Lavage sans eau distillée, 87. — Manière de laver, 88. — Moyens de séchage, 89. — Préparation de l'hyposulfite de soude, 90.

86. On sait que le lavage a pour but de débarrasser l'épreuve de la couche soluble d'iode qui se trouve à sa superficie. Ce lavage avait lieu autrefois au moyen d'une solution de sel marin (hydrochlorate de soude) ou d'hyposulfite de soude. Le premier moyen est aujourd'hui à peu près abandonné.

M. de Brébisson a indiqué une nouvelle formule de solution d'hyposulfite de soude qui l'emporte de beaucoup sur l'ancienne. On prend :

Hyposulfite de soude. .	24 gram. (6 gros).
Eau distillée.	240 gram. (7 onces 6 gros).
Alcool à 36°.	90 gram. (3 onces).

L'hyposulfite de soude est d'abord dissous dans l'eau, on ajoute ensuite l'alcool en agitant le flacon pour faciliter le mélange, qui sera ensuite filtré au papier.

Cette dissolution a en outre l'avantage de servir à nettoyer les plaques iodées et noircies par une longue exposition à la lumière. Elle est très-économique, en ce qu'il n'est pas nécessaire d'y plonger la plaque; il suffit d'en verser dessus jusqu'à ce qu'elle en soit entièrement recouverte. La dissolution peut, en outre, servir un grand nombre de fois, pourvu qu'on ait soin de la filtrer après chaque opération.

87. Le lavage des petites plaques à portrait peut être fait à froid, et sans eau distillée. On la remplacera sans inconvénient par de l'eau ordinaire filtrée, ou mieux encore par de l'eau de pluie recueillie proprement et filtrée avec soin.

Quant aux grandes plaques, on se conformera à l'instruction de M. Daguerre, et l'eau distillée devra nécessairement être employée.

88. Voici maintenant la manière de procéder au lavage: la plaque sera d'abord immergée *d'un seul coup* dans une assiette contenant de l'eau pure. Au bout de quelques instants on la plongera dans une autre assiette où l'on aura mis la solution d'hyposulfite; enfin, on agitera légèrement cette assiette pour faciliter la dissolution de l'iode. Ensuite la plaque sera de nouveau lavée à grande eau, et l'on pourra procéder au séchage en se conformant à ce qui est prescrit au numéro suivant.

Ceci s'applique toujours aux plaques de petite dimension; les grandes plaques seront lavées au moyen de bassines et d'un égouttoir (*Pl.* I, *fig.* 10), et toujours à chaud.

89. C'est surtout lorsque le lavage est opéré à froid, qu'on a besoin d'un moyen rapide de sécher la plaque. Voici celui que recommande M. de Brébisson: la plaque est d'abord fixée sur une espèce de fourchette à deux branches, formée de deux fils de laiton étamés et fixés dans un manche de bois, s'écartant en forme de V, et terminés par un crochet très-court pour retenir la plaque dans une position inclinée. On la promène ainsi sous un angle de 30 à 45° au-dessus de la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, en commençant par chauffer l'angle supérieur et en descendant successivement jusqu'au bas. Une portion de l'eau s'évapore tandis que l'autre s'écoule par la partie la plus déclive. La fourchette de de Brébisson est représentée *fig.* 8 et 8 *bis*, *Pl.* I.

S'il arrivait que, par l'effet de la dessiccation, la plaque pré-

sentât quelques taches, on y remédierait quelquefois en la plongeant de nouveau dans l'eau filtrée, ou mieux distillée. On procéderait ensuite à un nouveau séchage. Lorsque la plaque doit être fixée au chlorure d'or, on ne la sèche qu'après cette dernière opération.

90. *Préparation de l'hyposulfite de soude.* — En faveur des personnes qui ne seraient pas à portée de se procurer facilement ce produit, nous donnons ici un moyen simple de le préparer.

L'hyposulfite de soude, qu'on emploie aujourd'hui en assez grande quantité dans la photographie, peut être préparé en grande masse et en peu de temps par le moyen bien simple que voici :

On fait sécher du carbonate de soude pur cristallisé aussi complètement qu'il est possible, puis après l'avoir pulvérisé finement, on en mélange 500 gr. (1 livre) avec 150 gr. (5 onces) de fleur de soufre : on chauffe le mélange dans une capsule de verre ou de porcelaine jusqu'à ce que le soufre entre en fusion. La masse compacte qu'on obtient ainsi est, toujours en lui conservant sa chaleur, concassée, retournée et remuée, afin de la mettre dans tous ses points en contact avec l'atmosphère. Le sulfure de sodium qui s'est formé ainsi est, dans ces circonstances, en s'emparant de l'oxygène de l'air et sous l'influence d'une faible calcination, transformé en sulfite de sodium. On dissout ce dernier dans l'eau, on enlève par filtration le fer qui s'est séparé, et on fait bouillir de nouveau la liqueur avec des fleurs de soufre; après la filtration on obtient une liqueur presque incolore, fortement concentrée, qui donne de l'hyposulfite de soude très-pur en beaux cristaux et en grande quantité.

Si on chauffait trop rapidement le mélange, il pourrait aisément se brûler un peu de soufre, et par conséquent il resterait du carbonate de soude qui, n'ayant pas été décomposé, souillerait l'hyposulfite lors de la première cristallisation du sel; mais le mal n'est pas grand, et une nouvelle cristallisation suffit pour l'obtenir aussi pur qu'il est nécessaire pour le besoin de la photographie.

ARTICLE II. — DU FIXAGE AU CHLORURE D'OR.

Avantages du fixage au chlorure d'or, 91. — Procédé de M. Fizeau, 92. — Modification de M. Gaudin, 93. — Remarques générales, 94. — Sel d'or de MM. Fordos et Gélis, 95. — Préparation du chlorure d'or, 96. — Autres moyens de fixer les épreuves, 97. — Support à chlorurer de M. Ch. Chevalier, 98.

91. Il nous reste à parler d'une des plus belles découvertes qui aient été faites en photographie : le fixage des épreuves au chlorure d'or, inventé par M. Fizeau, que nous avons déjà eu occasion de citer. Grâce à cette merveilleuse préparation, les épreuves daguerriennes, débarrassées de ce miroitage fatigant qui les déparait, ont acquis une vigueur, une netteté et une solidité jusqu'alors inconnues. Ces avantages ressortiront d'une manière surprenante, si l'on compare ensemble deux épreuves obtenues l'une par l'ancien et l'autre par le nouveau procédé ; la première, d'un ton gris bleuâtre, paraîtra exécutée sous un ciel brumeux et glacial, tandis que l'autre, par la richesse et la chaleur de ses teintes, semblera appartenir à la chaude atmosphère et au beau ciel des contrées méridionales.

Mais un autre avantage du fixage au chlorure d'or est de rendre les plaques qui ont subi cette préparation bien plus inaltérables par le frottement, au point qu'elles peuvent être conservées dans un portefeuille.

92. Voici d'abord le procédé de M. Fizeau, tel qu'il l'a présenté à l'Institut.

« Depuis la publication des procédés photogéniques, tout le monde, et M. Daguerre le premier, a reconnu que quelques pas restaient encore à faire pour donner à ces merveilleuses images toute la perfection possible ; je veux parler de fixer les épreuves et de donner aux lumières du tableau plus d'intensité.

» Le procédé que je soumets à l'Académie me paraît destiné à résoudre en grande partie ce double problème ; il consiste à traiter à chaud les épreuves par un sel d'or préparé de la manière suivante :

» On dissout 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or dans un demi-litre d'eau pure, 3 grammes (56 grains) d'hyposulfite de soude dans un demi-litre d'eau pure (1). On verse alors la

(1) 92. Ces proportions ne réussissent qu'avec des produits très-purs, M. Fizeau a indiqué les proportions suivantes, qui réussissent plus constamment avec les produits du commerce : 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or dans 800 grammes (1 livre 10 onces) d'eau, et 4 grammes (1 gros) d'hyposulfite de soude dans 200 grammes (6 onces 4 gros) d'eau.

dissolution d'or dans celle de soude, peu à peu et en agitant; la liqueur mixte, d'abord légèrement jaunâtre, ne tarde pas à devenir parfaitement limpide. Elle paraît consister alors en un hyposulfite double de soude et d'or, plus du sel marin qui ne paraît jouer aucun rôle dans l'opération.

» Pour traiter une épreuve par ce sel d'or, il faut que la surface du plaqué soit parfaitement exempte de corps étrangers, et surtout de corps gras; il faut, par conséquent, qu'elle ait été lavée avec quelques précautions que l'on néglige lorsque l'on veut s'arrêter au lavage ordinaire.

» La manière suivante réussit le plus constamment. L'épreuve étant encore toute iodée, mais exempte de poussière et de corps gras sur les deux surfaces et les épaisseurs, on verse quelques gouttes d'alcool sur la surface iodée : quand l'alcool a humecté toute la surface, on plonge la plaque dans la bassine d'eau, puis de là dans la solution d'hyposulfite. Cette solution doit être renouvelée à chaque épreuve, et contenir environ une partie de sel pour quinze d'eau; le reste du lavage s'effectue comme d'ordinaire, seulement l'eau de lavage doit, autant que possible, être exempte de poussière.

» L'emploi de l'alcool a eu simplement pour but de faire adhérer parfaitement l'eau à toute la surface de la plaque, et d'empêcher qu'elle ne se retirât sur les bords au moment des diverses immersions, ce qui produirait infailliblement des taches.

» Quand une épreuve a été lavée avec ces précautions, fût-elle fort ancienne, le traitement par le sel d'or est de la plus grande simplicité : il suffit de placer la plaque sur le châssis en fil de fer qui se trouve dans tous les appareils (*fig.* 9, *Pl.* I), de verser dessus une couche de sel d'or suffisante pour que la plaque en soit entièrement couverte, et de chauffer avec une forte lampe; on voit alors l'épreuve s'éclaircir et prendre, en une minute ou deux, une grande vigueur. Quand l'effet est produit, il faut verser le liquide, laver la plaque et faire sécher.

» Dans cette opération, de l'argent s'est dissous, et de l'or s'est précipité sur l'argent et sur le mercure, mais avec des résultats bien différents. En effet, l'argent, qui, par son miroitage forme les noirs du tableau, est en quelque sorte bruni par la mince couche d'or qui le couvre, d'où résulte un renforcement dans les noirs; le mercure, au contraire, qui, à l'état de globules infiniment petits, forme les blancs, aug-

Digitized by Google

mente de solidité et d'éclat par son amalgame avec l'or : de là une fixité plus grande et un remarquable accroissement dans les lumières de l'image. »

93. M. Gaudin a modifié ainsi qu'il suit la méthode de M. Fizeau.

Quand la couche d'iodure d'argent a été complètement enlevée par l'hyposulfite de soude, ce que l'on reconnaît lorsque la plaque paraît blanche au reflet d'un corps blanc, on lave cette plaque à grande eau des deux côtés en la tenant à la main par un de ses angles. La plaque, encore couverte d'eau, sauf le revers et les bords qu'on a soigneusement essuyés, est placée sur le support horizontal en fil métallique, représenté *fig.* 16, *Pl.* I (1), on verse alors à sa surface la dissolution de chlorure d'or. On chauffe ensuite modérément avec une lampe, jusqu'à ce que l'épreuve se soit obscurcie sur toute sa surface ; à ce moment on suspend, ou du moins on modère l'action du feu. Mais, dès que l'image commence à s'éclaircir, on chauffe de nouveau, jusqu'à ce que l'épreuve paraisse satisfaisante, ou que la naissance des taches ou des bulles de vapeur force l'opérateur à arrêter le feu. On lave alors l'épreuve à grande eau des deux côtés, puis, la saisissant par un des coins inférieurs, on sèche à la lampe un des coins supérieurs qu'on saisit à son tour. On lave de nouveau l'épreuve à grande eau, évitant que cette eau touche aux doigts qui tiennent la plaque. Enfin, on sèche peu à peu l'épreuve à la lampe, en commençant par le haut et en soufflant légèrement pour activer l'évaporation du liquide. Par ce moyen, on réussit à fixer des épreuves en les lavant à l'eau ordinaire filtrée et froide, sans qu'il en résulte aucune tache.

94. Pour que le fixage réussisse, il est important d'observer :

1° Que la plaque soit placée bien horizontalement et recouverte de chlorure d'or dans toute son étendue ; car, si le liquide venait à manquer, il serait aussitôt remplacé par une tache brune, qu'on essaierait néanmoins de faire disparaître en remettant du chlorure et en chauffant de nouveau. Le défaut de propreté du dessous de la plaque produirait les mêmes inconvénients.

2° Qu'au moment du mélange de l'hyposulfite avec le chlorure d'or, le liquide doit rester parfaitement limpide ; s'il se

(1) Les figures 17, 18 et 19 de la Pl. I représentent un autre support à chlorurer de M. Charles Chevalier. Nous en donnons la description, *page* 487.

troublait, on devrait le rejeter, ou au moins le filtrer et ne l'employer ensuite qu'avec défiance.

3° Que le chlorure d'or ne doit jamais servir qu'une fois.

95. MM. Fordos et Gélis ont trouvé le moyen de composer un sel qui a pour base les éléments de la liqueur d'or de M. Fizeau. La solution de ce sel est beaucoup plus facile à préparer, et, comme cette préparation peut se faire en petite quantité et à mesure des besoins, on a la facilité d'emporter en voyage une grande quantité de chlorure d'or sous un très-petit volume. Voici l'article publié à ce sujet dans le *Technologiste*.

Sur la Liqueur d'or employée en Photographie.
Par MM. Fordos et A. Gélis.

Pour préparer la liqueur de M. Fizeau, on dissout d'une part 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or dans un demi-litre d'eau pure, et d'autre part 3 grammes (56 grains) d'hyposulfite de soude dans la même quantité d'eau. On verse alors la dissolution d'or dans celle d'hyposulfite, peu à peu et en agitant; la liqueur, d'abord légèrement jaunâtre, ne tarde pas à devenir incolore.

En examinant la réaction qui s'opère dans ce mélange, MM. Fordos et Gélis ont reconnu que cette liqueur se composait de chlorure de sodium, d'hyposulfate bisulfuré de soude et d'un sel d'or, qu'ils ont isolé et étudié. L'hyposulfate bisulfuré de soude ne joue aucun rôle utile dans la fixation des images daguerriennes. On peut dire même que, par la facilité avec laquelle il abandonne du soufre sous l'influence de la chaleur, il peut contribuer à la formation de ces points noirs qui forcent si souvent à rejeter les épreuves les mieux réussies; c'est probablement aussi à sa présence qu'on doit attribuer l'altération que la liqueur de M. Fizeau éprouve à la longue. Tous ceux qui en ont fait usage savent qu'on ne peut guère la conserver plus d'un mois. Cet inconvénient met chaque amateur dans la nécessité de la préparer lui-même, ce qui ne laisse pas que de présenter de grandes difficultés; car si la préparation de cette liqueur est simple et facile pour les personnes habituées aux expériences chimiques, il n'en est pas de même pour les gens du monde; il faut, pour réussir, se conformer exactement aux instructions de M. Fizeau (1), et surtout employer des produits purs; or, il n'est pas toujours facile de

(1) Voir le numéro 92.

trouver ces produits tels dans le commerce, surtout depuis que les consommateurs se sont avisés, on ne sait trop pourquoi, d'exiger des fabricants un chlorure d'or d'un beau jaune, prenant pour un caractère de pureté un coloris qui indique seulement que le sel contient un trop grand excès d'acide dont la présence ne peut se concilier avec le succès de l'opération.

MM. Fordos et Gélis pensent donc qu'il serait utile de substituer à l'emploi de la liqueur de M. Fizeau, celui du sel qu'ils ont étudié, et il suffirait alors, pour obtenir une liqueur convenable, de dissoudre, au moment du besoin, 1 gramme (18 grains) de ce sel dans un litre d'eau. Ajoutons, pour terminer, que cette substitution permettra dorénavant de transporter sous un petit volume des quantités de sel qui représenteront des masses énormes de liquide, et ce dernier avantage sera surtout apprécié par les photographes voyageurs.

Pour préparer ce sel, on prend une liqueur d'or titrée qu'on ajoute à un poids connu d'hyposulfite de soude, en ayant soin d'agiter après chaque addition. La coloration de la liqueur produite par l'addition du perchlorure d'or ne tarde pas à disparaître, mais il arrive un moment où elle devient persistante. C'est à ce moment qu'on s'arrête et où l'on doit, pour chaque équivalent d'or à l'état de perchlorure, avoir employé sensiblement huit équivalents d'hyposulfite de soude.

Ces résultats cependant sont loin d'être bien tranchés; les colorations et les décolorations sont lentes et difficiles à saisir. Quoi qu'il en soit, la proportion indiquée correspond presque exactement aux quantités proposées par M. Fizeau dans la première formule (1 gramme (18 grains) de chlorure d'or (1) et 3 grammes (56 grains) d'hyposulfite de soude). En suivant la seconde (1 gramme (18 grains) de chlorure d'or et 4 grammes (75 grains) d'hyposulfite de soude), il reste dans les liqueurs un excès d'hyposulfite de soude qui paraît être sans inconvénient pour l'usage auquel on le destine.

La liqueur ainsi préparée et incolore est soumise à l'évaporation, et lorsqu'elle est concentrée, l'alcool en sépare un précipité blanc cristallin excessivement soluble dans l'eau et dont la dissolution aqueuse possède toutes les propriétés de la liqueur de M. Fizeau.

Les images photographiques fixées par la dissolution de ce sel, qui paraît être un hyposulfite hydraté de protoxyde d'or et de

(1) Le chlorure d'or du commerce contient de 0,5 à 0,6 d'or métallique par gramme.

soude, préparées par M. Lerebours et présentées à l'Académie des sciences, ont offert en effet une intensité de ton remarquable et qu'il est ainsi facile de reproduire.

96. *Préparation du chlorure d'or.* Dans les localités éloignées des grandes villes, on peut quelquefois se trouver dépourvu de chlorure d'or. Voici un moyen facile de l'obtenir :

Jusqu'à présent on a rencontré de grandes difficultés pour obtenir des sels d'or rouges et jaunes parfaitement solubles dans l'eau, et sans réduction (chlorhydrate de trichlorure, et trichlorure); après de nombreuses expériences, j'ai réussi à préparer ces sels d'une manière qui ne laisse, je crois, rien à désirer.

1° Pour préparer le sel d'or jaune, on prend de l'eau régale formée de 3 parties d'acide chlorhydrique, d'une partie d'acide azotique, et d'une partie d'eau distillée. Puis on met une partie d'or *pur* dans une capsule en porcelaine, on verse sur cet or l'eau régale préparée par la formule ci-dessus indiquée. La quantité d'acide doit être double de celle d'or employée. On couvre la capsule avec un disque de verre et on la place dans un bain-marie saturé de sel marin; l'on chauffe alors ce vase en ayant soin de le maintenir toujours couvert jusqu'à ce que les vapeurs nitreuses aient cessé; l'on découvre l'appareil; si l'or n'est pas entièrement dissous, on y ajoute quelques grammes d'eau régale, l'on couvre de nouveau la capsule et l'on continue à chauffer jusqu'à complète disparition de vapeur. Alors il faut enlever le disque de verre et le remplacer par un morceau de papier Joseph plié plusieurs fois sur lui-même, et continuer l'opération au bain-marie salé, jusqu'au moment où en plongeant une baguette de verre dans la capsule et la retirant, le chlorure d'or qui y adhère se trouve solidifié; alors on retire la capsule du bain-marie, et le chlorure ne tarde pas à cristalliser en petites aiguilles prismatiques d'une belle couleur jaune tirant sur l'orange.

Le chlorure obtenu de cette manière est entièrement soluble dans l'eau et sans réduction; il s'emploie avec beaucoup de succès à fixer les épreuves daguerriennes et à plusieurs autres opérations.

Le chlorure d'or rouge (trichlorure) se prépare de la même manière; seulement l'eau régale qu'on emploie s'obtient avec deux parties d'acide chlorhydrique et une partie d'acide azo-

tique. On commence à attaquer l'or sur un bain de sable par un excès d'eau régale; l'on ne se sert du bain-marie que lorsque l'or est entièrement dissous. Pour le reste de l'opération, l'on agit de la même manière que pour préparer le chlorure d'or.

97. M. Gaudin a proposé récemment de fixer les épreuves photographiques, en y déposant une couche mince d'argent à l'aide de la pile galvanique. Nous nous bornerons à indiquer ce procédé, parce qu'il ne nous a pas paru produire des résultats assez satisfaisants pour être mis en pratique. Au reste, M. Choiselat avait depuis longtemps annoncé qu'il était parvenu, de son côte, à fixer les images daguerriennes au moyen d'une dissolution d'un sel d'argent, le chlorure de ce métal; nous avions même rapporté ce procédé dans la première édition de cet ouvrage.

On doit à M. Page, professeur de chimie à Washington, un autre moyen de fixer et de colorer les épreuves, en y déposant une pellicule de cuivre excessivement ténue. Quoique le temps nous ait manqué pour expérimenter cette nouvelle méthode, nous la rapporterons cependant, parce qu'elle nous a paru digne d'exciter l'attention des expérimentateurs :

« L'image, après avoir été obtenue sur une plaque aussi polie qu'il est possible, est disposée pour recevoir, par voie galvanique, une très-légère couche de cuivre, à l'aide du double cyanure de cuivre et de potassium (le dépôt de cuivre ne doit avoir que l'épaisseur nécessaire pour charger de la manière la plus légère la couleur propre de la plaque). Cela fait, cette plaque est lavée soigneusement avec de l'eau distillée, puis chauffée sur une lampe à esprit-de-vin jusqu'à ce que les parties blanches ou claires prennent un aspect transparent perlé. Ce mode, pour découvrir et fixer l'image, est bien préférable à celui où l'on fait usage d'une couche d'or. Un petit portrait, fixé de cette manière il y a plus d'un an, est resté sans altération aucune, et continue de faire l'admiration des personnes qui s'intéressent à l'art. Un effet bien remarquable de ce mode de fixage, est la grande résistance à la surface, à tel point qu'il est très-difficile d'effacer les images ainsi traitées. J'ai conservé un portrait préparé de cette manière, non pas sous un verre, mais sans être recouvert, pendant plus d'une année; je l'ai fréquemment exposé de diverses manières, et frotté même légèrement avec un tampon de coton sans lui faire éprouver la moindre avarie. Au fait, la surface oxydée est bien moins

sujette à éprouver des altérations que celle d'or, et beaucoup plus résistante.

» Comme le cuivre prend plusieurs nuances, suivant la profondeur de sa surface à laquelle pénètre l'oxydation, il en résulte que, si on appliquait sur la plaque, sans en détériorer l'image, une couche plus épaisse de ce métal, on pourrait obtenir diverses couleurs pendant le fixage. Quoi qu'il en soit, il ne m'est pas possible de donner des règles précises concernant cette dernière opération; mais je dirai, d'une manière générale, que les meilleurs résultats ont été obtenus en donnant à la plaque une couche de cuivre assez épaisse pour changer le ton de l'image, c'est-à-dire lui donner une couleur cuivreuse, et la chauffant alors sur une lampe à esprit-de-vin jusqu'à ce qu'elle ait pris la couleur désirée. Je possède actuellement un portrait qui a été très-longtemps exposé après avoir été traité de cette manière, et qui s'est aussi bien conservé que les deux autres. Il a pris une belle couleur verte, et l'image n'a pas le moins du monde souffert de cette oxydation. »

98. M. Ch. Chevalier a imaginé un support extrêmement commode pour fixer les épreuves au chlorure d'or.

Ce support est représenté *fig.* 17, 18 et 19, *Pl.* I. G, *fig.* 18, est un gril en fil métallique sur lequel on place la plaque à chlorurer; mais pour éviter que le contact immédiat avec les barreaux du gril n'échauffe plus fortement la plaque en certains endroits, cette dernière repose sur quatre petits goujons *i*, *i*, *fig.* 17, qui la tiennent isolée du gril.

Les fig. 17 et 19 représentent une espèce de T, construit en bois ou en métal et sur lequel on place le gril, comme on le voit en G, *fig.* 17. Le montant et les branches transversales de ce T sont composés de deux pièces articulées à charnières, C et C', *fig.* 17. Les ressorts *r*, *fig.* 19, et *r'*, *fig.* 17, tendent continuellement, par leur élasticité, à écarter la double branche de chaque articulation; mais au moyen des écrous de rappel E' et E", *fig.* 19, ces deux branches peuvent être rapprochées à volonté. Il résulte de cette disposition un double mouvement d'avant en arrière et de gauche à droite, destiné à établir l'horizontalité parfaite du gril, et par suite celle de la plaque A, *fig.* 19, sur laquelle le chlorure peut alors être versé à une épaisseur partout égale.

La petite presse P, *fig.* 19, sert à fixer l'appareil sur une table T, ou sur le bord d'un meuble.

Le support de M. Ch. Chevalier nous a paru remplir complètement le but que s'est proposé l'auteur.

Nous devons dire néanmoins que cet instrument parfait, trop parfait peut-être pour l'usage auquel il est destiné, sera difficilement adopté par le plus grand nombre des expérimentateurs, parce que sa construction exige une précision qui ne permet de l'établir qu'à un prix assez élevé.

Nous ajouterons toutefois que l'excédant de dépense occasioné par l'acquisition de ce support, se trouvera bientôt compensé par l'économie du chlorure d'or, dont on répand inutilement une grande quantité en faisant usage des supports ordinaires, si difficiles à mettre de niveau.

CHAPITRE VI.

DU COLORIAGE DES ÉPREUVES.

99. On s'est beaucoup occupé et l'on s'occupera peut-être encore longtemps à rechercher la reproduction spontanée des objets avec leurs couleurs naturelles, par le seul effet de l'action photogénique. Sans aucun doute, la possibilité de résoudre un jour cet important problème n'a rien que de conforme à la raison; néanmoins, une pareille découverte serait peut-être encore plus surprenante que celle du daguerréotype lui-même.

En attendant, quelques personnes mal inspirées ont eu la malheureuse idée de vouloir en quelque sorte anticiper sur la réalisation du problème, en appliquant sur les épreuves un coloriage fait après coup. Il faudrait tout le talent d'un habile peintre en miniature pour rendre cette enluminure supportable. Mais entre les mains du plus grand nombre elle produit le plus détestable effet; qu'on se figure une gravure de Callot ou de Rembrandt deshonorée par un badigeonnage comparable à celui des images du *Juif-Errant*. Et pourtant on n'a pas craint de colporter ce procédé et d'exiger de fortes sommes d'argent pour en communiquer la mystérieuse recette!

Nous ne comprenons donc pas l'engouement de certaines personnes pour ce coloriage destructeur, et nous engageons vivement nos lecteurs à ne jamais sacrifier à ce mauvais goût.

CHAPITRE VII.

DE L'ENCADREMENT DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES.

100. Les images photographiques, bien que devenues inaltérables (1) sous la couche infiniment mince de vernis d'or qui les recouvre à la suite de l'opération du fixage, ne résisteraient pas cependant à des chocs ou à des frottements énergiques; elles pourraient, en outre, être ternies, soit par la poussière, soit par le contact des doigts, ou des corps gras ou acides qui viendraient à tomber accidentellement sur leur surface. Il était donc indispensable de les mettre sous un verre, à l'abri de ces différentes chances de détérioration; mais il fallait, de plus, que cet encadrement servît à rehausser leur éclat et à augmenter leur effet. Cette dernière condition n'a pas toujours été remplie, et l'usage qui a prévalu pendant si longtemps, de renfermer les épreuves dans des passe-partout d'une blancheur éclatante, n'était pas de nature à les faire valoir. On a enfin compris aujourd'hui que les teintes, en général rembrunies des images photographiques, avaient en quelque sorte besoin d'un *repoussoir* qui les fît ressortir. Il y a déjà longtemps que MM. Claudet et Lerebours avaient adopté l'usage de cadres en velours foncé. Cet exemple est maintenant suivi par les fabricants de passe-partout, et presque tous leurs cadres sont aujourd'hui à fonds rembrunis (2).

Les cadres en pâte de bois imitant le vieux chêne, fabriqués par M. Alexis Febvre (rue *de la Victoire*, n° 2), nous paraissent éminemment propres à l'encadrement des épreuves. La richesse, le bon goût et la variété de leurs ornements ne laissent rien à désirer, et nous les signalons avec plaisir aux amateurs.

Quel que soit, au reste, le genre d'encadrement adopté, les épreuves devront être solidement assujetties dans les passe-partout à l'aide de bandes de papier gommé, ou collées à la colle de pâte. Cette précaution a pour but d'empêcher le déplacement des épreuves en voyage, et de s'opposer à l'introduction de la poussière, qui finirait par les ternir.

(1) Beaucoup de personnes croient encore aujourd'hui que les images daguerriennes finissent par s'effacer sous l'influence de l'air et de la lumière, mais l'expérience est là pour démentir cette opinion erronée, quoique fort répandue.

(2) Nous citerons entre autres, les maisons Bourquin, boulevard Bonne-Nouvelle, et Ninet, rue de Seine-St.-Germain, 91. Leurs passe-partout, dits *artistiques*, produisent un fort bon effet.

LIVRE III.

DES PORTRAITS.

CHAPITRE PREMIER.

HISTORIQUE DES PORTRAITS PHOTOGRAPHIQUES.

Doutes conçus dans l'origine sur la possibilité de faire des portraits, 101-102.—Portraits avec l'appareil normal, 103. — Foyers raccourcis, 104. — Interposition d'un verre bleu, 105.—Verres continuateurs, 106.— Substances accélératrices, 107.—Adversaires des portraits photographiques, 109-110. — Examen de quelques objections plus sérieuses, 112-113.

101. Avant de nous occuper des détails pratiques qui se rattachent à la confection des portraits daguerriens, il ne sera pas sans intérêt, pour l'histoire de la photographie, de jeter un coup-d'œil rétrospectif sur les premiers essais qui ont été faits en ce genre. La comparaison entre les images informes qu'on a obtenues dans les premiers temps, et ces inimitables portraits qu'on exécute aujourd'hui, est tout-à-fait propre à mettre en évidence les progrès immenses qu'a déjà faits la daguerréotypie, malgré son origine toute récente.

102. Lorsque l'admirable découverte de M. Daguerre fut livrée à la publicité, l'inventeur fut le premier à proclamer combien il était douteux qu'on pût jamais arriver à faire des portraits au moyen de la photographie. En effet, la réunion de circonstances exigées à cette époque pour obtenir une image daguerrienne, semblait rendre impossible la solution du problème, car, outre l'imperfection des appareils usités alors, en tant que photographes à portrait, il fallait au modèle des efforts plus qu'humains pour rester exposé pendant quinze à vingt minutes à la lumière directe d'un soleil brûlant. Aussi, les savants distingués et les premiers expérimentateurs qui s'occupèrent de photographie, partagèrent-ils les doutes exprimés par M. Daguerre lui-même sur la possibilité de faire les portraits; et, il faut le dire, cette opinion fut encore confirmée par les premières tentatives qui furent faites pour la reproduction d'un visage humain.

Aujourd'hui que le problème a été si heureusement et si complètement résolu, il est curieux de rappeler les différentes phases par lesquelles ont passé les portraits photographiques pour arriver, de l'état d'ébauches grossières, à ces admirables tableaux, où l'on trouve réunis et la richesse des teintes, et le fini des détails, et la perfection de la ressemblance.

103. Les premiers essais ne furent pas heureux, car, ainsi que nous l'avons déjà dit, ils eurent lieu avec l'appareil normal de M. Daguerre, et l'on ne réfléchit pas qu'en faisant agir à de courtes distances un objectif destiné à reproduire les objets lointains, on se privait d'une grande intensité de lumière. De là l'obligation d'exposer le modèle à la radiation directe du soleil, pendant quinze à vingt minutes, et dans un état d'immobilité complète. Et comme cette immobilité, surtout celle des yeux, était au-dessus des forces humaines, il fallut se résoudre à faire poser les yeux fermés. C'est alors que sous le nom de portraits photographiques, on vit une foule de *Bélisaire* orner la devanture de nos opticiens.

104. Le vice de construction des premiers appareils pour la reproduction des portraits une fois reconnu, on ne tarda pas à y apporter remède en adoptant des objectifs d'un foyer très-raccourci. MM. Lerebours et Buron paraissent être les premiers qui aient songé à cette innovation. Grâce à ce perfectionnement, la concentration des rayons lumineux dans la chambre obscure augmenta d'intensité, et la durée de l'exposition au soleil fut réduite à trois ou quatre minutes. On put alors ouvrir les yeux du modèle, mais leur clignotement presque inévitable et la contrainte imposée à toute la physionomie sous l'influence encore trop prolongée de la lumière solaire, firent ressembler ces portraits à de véritables suppliciés; et aux *Bélisaire* succédèrent les *Laocoon* et les *Niobé*.

105. Ainsi, jusqu'alors la durée seule de l'exposition au plein soleil avait été modifiée, et il restait toujours pour le modèle une fatigue insupportable qui changeait toute l'habitude de la physionomie. Sur l'indication de M. Arago et de M. Daguerre, on chercha à atténuer ce fâcheux effet, en interposant un verre bleu entre le soleil et le modèle; cette disposition rendit plus supportable l'effet des rayons lumineux frappant directement sur le visage, et l'on put enfin obtenir quelques portraits passables, mais dénués de cette expression si importante pour caractériser la ressemblance.

106. Un grand pas restait à faire; il fallait pouvoir aborder

de front la principale difficulté, il fallait, en un mot, réduire considérablement la durée de l'immobilité exigée du modèle. M. Buron est le premier qui ait trouvé une solution satisfaisante à ce problème. Il eut l'idée d'appliquer à la fabrication des portraits la propriété continuatrice des verres jaunes et rouges, signalés par M. Ed. Becquerel. Dès ce moment la durée d'exposition de la plaque à la chambre obscure fut réduite de cinq minutes à quelques secondes, et l'on put songer à produire non-seulement des portraits ressemblants, mais encore toutes les variations si mobiles de la physionomie. Les portraits commencés à la chambre noire étaient ensuite terminés sous l'influence des rayons rouges ou jaunes transmis à l'image par l'intermédiaire d'un verre de couleur. Nous avons déjà parlé, N° 85, de l'action des verres continuateurs, et nous ne reviendrons pas sur ce qui en a été dit. Néanmoins, en constatant l'insuffisance actuelle de cette méthode, nous aimons à la signaler comme le point de départ d'une ère nouvelle pour la photographie : la possibilité de réduire le temps d'exposition primitivement exigé pour la réussite des images.

107. Enfin, arrivèrent la découverte des substances accélératrices et l'invention des objectifs à verres combinés de M. Charles Chevalier, et la plus belle conséquence de ces perfectionnements fut la solution si désirée du problème des portraits. La physionomie, désormais reproduite en quelques secondes, put désormais être saisie avec cette mobilité d'impressions si diverses qui viennent tour à tour l'affecter. C'est à partir de cette époque que l'on vit apparaître ces inimitables tableaux, chefs-d'œuvre de délicatesse où la perfection de l'ensemble est encore rehaussée par le fini des détails. Qui ne s'est arrêté avec complaisance devant ces belles épreuves sur plaque entière de MM. Foucault, Choiselat et Ratel? Qui n'a pas admiré, sur une échelle plus petite, les délicieux portraits de MM. Bord, Thiesson, Plumier, Belfied, Andrieux, Bisson ? On peut donc désormais considérer l'exécution des portraits comme une conquête acquise à la photographie. Chaque jour amène encore de nouveaux progrès, mais nous doutons qu'on puisse jamais faire mieux et plus vite qu'on ne fait aujourd'hui.

108. Malgré ces admirables résultats, qui auraient été à peine croyables si on les avait obtenus de prime abord, et s'ils n'étaient pas le fruit de découvertes successives et d'un travail persévérant, les portraits photographiques qui comptent un si grand nombre de partisans, ont aussi leurs détracteurs.

Quelques-uns, étrangers à la peinture et au dessin, ignorant la théorie des ombres, celle du clair-obscur et les lois de la perspective, ne pourront jamais comprendre qu'on puisse obtenir quelque effet sans le coloris. Ils ne tiennent aucun compte de cette admirable dégradation de teintes, de cette perfection de modelé, de cette pureté de contours, qui font tout le charme des œuvres photographiques. En un mot, la reproduction la plus exacte de la nature est sans aucun prix à leurs yeux si elle se présente dépourvue de ses couleurs. Cette classe d'adversaires est malheureusement plus nombreuse qu'on ne le pense, mais nous n'avons pas à faire leur éducation artistique.

109. Quelques autres ne veulent voir dans les images daguerriennes qu'une représentation de la nature, fidèle, à la vérité, mais froide, insignifiante et dénuée de ce souffle divin qui fait tout le talent de l'artiste et le mérite des œuvres d'art. Les portraits qu'on exécute chaque jour, et où l'harmonie de la pose s'unit à l'expression de la figure, sont là pour leur répondre. Il est vrai qu'on voit encore exposés grand nombre de portraits photographiques désespérants sous le rapport de l'art; mais les chefs-d'œuvre des Rubens et des Raphaël cessent-ils d'être admirés depuis qu'il existe tant de peintres d'enseignes?

110. Le plus terrible ennemi que le daguerréotype ait eu à combattre, est sans contredit la vanité humaine. Lorsqu'on se fait peindre par les moyens ordinaires, la main complaisante d'un artiste sait adoucir les traits un peu rudes de la physionomie, assouplir la raideur du maintien et donner à l'ensemble de la grâce et de la dignité. C'est en cela surtout que consiste le talent du peintre de portraits; on lui demande bien la ressemblance, mais on veut avant tout paraître beau, deux exigences souvent incompatibles.

Il n'en est pas ainsi de l'artiste photographique : inhabile à corriger les imperfections de la nature, ses portraits ont malheureusement le défaut d'être souvent trop ressemblants; ce sont en quelque sorte des *miroirs permanents*, où l'amour-propre ne trouve pas toujours son compte. C'est pour cela que les femmes qui possèdent à un si haut degré le merveilleux instinct de tout ce qui est propre à faire ressortir leurs charmes, se sont prononcées ouvertement contre la photographie. Nous leur pardonnerons volontiers cette prévention justifiée jusqu'à un certain point, car s'il est vrai de dire que le daguerréo-

type reproduit avec une admirable fidélité les suaves contours de leur visage et l'élégance de leurs formes, il faut convenir cependant qu'il les prive de cette fraîcheur et de cet éclat de coloris qui font la plus grande partie de leurs attraits. Qu'elles ne craignent pas néanmoins de se mettre au-dessus des préjugés d'une coquetterie mal entendue; qu'elles s'abstiennent surtout, lorsqu'elles poseront, d'un petit air boudeur contre l'instrument qui va les reproduire, et je puis les assurer qu'elles ne seront pas trop mécontentes et du portrait et de l'artiste.

111. Quelques objections plus sérieuses ont été faites contre les portraits daguerriens; nous allons les examiner en peu de mots.

On a reproché aux épreuves daguerriennes en général un miroitage insupportable qui ne permet de les regarder que sous un certain angle. Ce défaut, qui devient encore plus sensible lorsqu'il s'agit de portraits, a presque entièrement disparu depuis l'adoption du fixage au chlorure d'or de M. Fizeau. Au reste, le miroitage cesse d'être apparent aussitôt qu'on a pris l'habitude de regarder les images photographiques, et les yeux s'y accoutument en peu de temps.

112. On objecte en second lieu la difficulté qu'il y a de représenter les mains de la personne qui pose sur un plan plus rapproché que le corps, et en général de représenter dans un même tableau des objets disposés sur des plans différents. Cette difficulté, qui est réelle, provient de l'aberration de sphéricité produite par les objectifs de court foyer qu'on est obligé d'employer pour faire les portraits. Nous indiquerons aux chapitres suivants, N°s 119 et 121, les moyens de diminuer ou d'atténuer cet inconvénient, bien moins sensible avec les objectifs à verres combinés.

113. Une troisième objection se tire de ce que, dans les épreuves daguerriennes, les objets sont transposés de droite à gauche.

Cet inconvénient n'est pas aussi indifférent qu'il pourrait le paraître au premier abord, même pour les portraits. Quelque régulière, en effet, que soit une figure, il n'est pas sans importance pour une ressemblance parfaite que les deux côtés du visage soient représentés dans leur ordre naturel. Si, au contraire, cet ordre est interverti, il en résulte un défaut de ressemblance facilement appréciable pour les personnes qui sont à portée de voir très-souvent l'original du portrait. En

effet, les yeux s'habituent, sans qu'on puisse s'en rendre compte, à voir les objets d'une certaine manière, et la plus petite irrégularité, dont on ne s'aperçoit même pas quand ils sont représentés dans leur sens ordinaire, deviendra choquante par l'effet de leur transposition. Les peintres en portraits connaissent parfaitement cet effet, et lorsqu'ils veulent vérifier l'exactitude d'une ressemblance, ils ne manquent jamais de présenter leur tableau devant une glace (1).

Quoi qu'il en soit, pour les figures régulières, et ce sont, dieu-merci, les plus nombreuses, cette dissemblance ne sera pas assez choquante pour nécessiter une épreuve redressée. Mais pour peu qu'il existe quelque différence dans les deux côtés du visage, si la présence de quelques signes ou cicatrices, le défaut de régularité du nez, le strabisme ou la privation d'un œil, s'opposaient à ce que la personne pût être représentée autrement que dans son sens naturel, il faudrait de toute nécessité recourir au redressement de l'épreuve, au moyen d'un miroir parallèle ou d'un prisme rectangulaire, N° 8.

CHAPITRE II.

DES RÈGLES PHOTOGRAPHIQUES QUE L'ON DOIT SUIVRE POUR FAIRE LES PORTRAITS.

Eclairage, 114. — Localité convenable, 115. — Des vêtements, 116. — Des fonds, 117. — Des accessoires, 118. — Pose du modèle, 119.

114. Outre les recommandations générales que nous avons faites dans le cours de ce traité, il en est qui intéressent particulièrement la réussite des portraits. Nous allons maintenant nous en occuper, en les classant suivant leur importance.

1° *Eclairage.* — La première condition pour réussir dans une opération où la lumière joue un si grand rôle, est que la personne dont on veut reproduire les traits soit éclairée d'une manière convenable. L'état de l'atmosphère et l'heure plus ou moins avancée du jour exercent une influence remarquable sur la rapidité et sur la perfection des épreuves obtenues.

On évitera donc d'opérer par un temps brumeux ou nébu-

(1) 113. Ce fait deviendra encore plus palpable par une comparaison empruntée à la mécanique. Si l'on examine deux vis ayant le même diamètre et le même filet, mais taraudées l'une à droite, l'autre à gauche, le *pas* à gauche paraîtra beaucoup plus rampant que celui à droite, quoique l'inclinaison soit la même, mais en sens inverse. L'œil, habitué à voir des hélices à droite, s'aperçoit à peine de leur inclinaison, tandis que le rampant d'une hélice à gauche lui paraît en quelque sorte monstrueux.

leux; il vaudra mieux choisir un jour calme et serein; mais un ciel couvert de nuages blancs est sans contredit le plus favorable de tous à la daguerréotypie.

Quant à l'heure du jour, on sait, par les expériences de M. Daguerre, que l'intensité photogénique du soleil diminue d'une manière très-sensible, à mesure que cet astre approche de son coucher. Il ne faut donc pas croire que les heures de l'après-midi soient aussi favorables que les heures correspondantes de la matinée. Cette observation a du resté perdu beaucoup de son importance, depuis la découverte des substances accélératrices; on est quitte pour prolonger un peu plus l'exposition à la chambre obscure. On pourra même obtenir encore des épreuves peu d'instants avant le coucher du soleil, pourvu que cette exposition soit largement prolongée, cinq à six fois autant que dans les conditions ordinaires; les heures les plus favorables sont: de 8 à 10 heures du matin, et de 2 à 4 heures de l'après-midi. Le soleil est alors moins élevé sur l'horizon, les ombres moins perpendiculaires, et le modèle mieux éclairé.

On devra éviter d'exposer le modèle à l'action directe du soleil, car, outre la fatigue qui en résulterait, les portraits faits à l'ombre sont toujours mieux modelés, les demi-teintes mieux dégradées, et l'ensemble plus harmonieux. Si néanmoins on voulait un portrait avec des oppositions fortes et avec des ombres fortement accusées, on pourrait placer le modèle sous les rayons directs du soleil, mais alors l'exposition pourra être abrégée, ou bien on garantira la figure avec un verre bleu, N° 105. Dans tous les cas, il sera avantageux de disposer une tenture horizontale au-dessus de la tête de la personne qui pose.

Quelques essais ont eu lieu pour obtenir des portraits au moyen d'une lumière artificielle, nous ne pensons pas qu'ils aient été couronnés de succès.

115. 2° *Choix de la localité.*—Autant que possible, les portraits seront faits à l'air libre, sur une terrasse élevée ou dans un jardin. Dans ce dernier cas, on évitera l'ombrage des massifs d'arbres qui absorbe une grande quantité de lumière.

Si l'on voulait opérer dans un appartement, on disposera le modèle devant une grande fenêtre ouverte, de manière à ce qu'il reçoive une grande affluence de lumière. L'instrument sera placé le plus près possible de la fenêtre. Si les tentures de l'appartement étaient d'une couleur sombre, on y disposera plusieurs draps blancs pour refléter la lumière sur le modèle.

C'est surtout lorsqu'on opère à l'intérieur, qu'on doit tenir compte de l'état de l'atmosphère et de l'heure de la journée. Il est difficile, au reste, d'obtenir un succès complet.

116. 3° *Des vêtements.* — Le choix des vêtements est aujourd'hui bien moins important que dans l'origine des portraits daguerriens. Le blanc éclatant et le noir mat devront être proscrits, toutes les autres couleurs peuvent être reproduites. Néanmoins les nuances foncées sont les plus favorables.

Il suffira d'un peu d'habitude pour éviter la *solarisation* des chemises, des bonnets, des fichus et de toutes les parties blanches des épreuves.

Pour les femmes, les robes de soie noire brillantes et les robes écossaises produiront les plus riches effets. On pourra tirer un grand parti des dentelles, des manchettes et des guipures disposées avec discernement. On évitera que les cols et les fichus ne tranchent d'une manière brusque avec la couleur du visage; une petite cravate nouée entre le fichu et le cou empêchera cet effet désagréable.

117. 4° *Des fonds.* — Derrière la personne qui pose, on disposera un paravent ou une tenture d'étoffe dont la couleur tranchera avec celle des vêtements. Mais il faut éviter que cette tenture ne fasse une opposition trop forte avec le teint du modèle; sans cela il en résulterait une sorte de silhouette d'un très-mauvais effet. Les différentes nuances de jaune et de gris, et le bleu de ciel forment des fonds très-agréables. Si le modèle avait des cheveux blancs ou une coiffure de même couleur, on évitera les fonds trop clairs qui se confondraient inévitablement avec le bonnet ou les cheveux. C'est dire assez que nous proscrivons ces fonds d'un blanc éclatant auxquels le vulgaire attache tant de prix.

118. 5° *Des accessoires.* — On pourra disposer sur le fond, ou autour du modèle, des plâtres, des attributs ou des objets d'art disposés avec goût et sur le même plan que la personne qui pose.

Si c'est un militaire, un fonctionnaire ou un dignitaire dont on fait le portrait, on aura soin de transporter de droite à gauche, et *vice versâ*, les décorations et insignes qui indiquent son grade, sa profession ou sa dignité. Il sera encore mieux de faire alors une épreuve redressée, N°s 8 et 113.

119. 6° *Pose du modèle.* — La personne qui pose devra être placée devant l'appareil à une distance proportionnée au foyer de l'objectif, et à la grandeur de la reproduction qu'on

veut obtenir. Un peu de goût et d'habitude apprendront bien vite la distance convenable pour obtenir une image qui ne soit ni trop grande, ni trop petite.

La mise au point nécessite une attention toute particulière. On avancera donc ou on reculera l'objectif jusqu'à ce que l'image se peigne de la manière la plus nette sur le verre dépoli. Nos 6 et 76.

Le modèle sera assis sur un siège pesant et solide, on évitera surtout les fauteuils élastiques. La tête devra être maintenue par un *appuie-tête* solidement fixé. Cette condition est indispensable pour obtenir une épreuve nette.

Ces dispositions prises, on placera convenablement le modèle, la tête devra être tenue bien horizontale, mais sans affectation ni raideur; les yeux fixeront constamment un point peu éloigné, et on recommandera à la personne de se méfier d'un mouvement instinctif qui la porterait à regarder l'instrument et l'opérateur. On la priera d'éviter le plus possible le clignotement des yeux, et de se tenir dans la plus parfaite immobilité.

Les portraits de face et de profil sont peu gracieux; ils seront beaucoup mieux dans cette position que les peintres appellent de *trois quarts*.

Les mains devront être placées le plus près possible du corps, et jamais trop en avant de celui-ci; sans cela elles seraient représentées hors de proportion avec le reste du portrait. Nos 112 et 121.

Enfin, on évitera que le nez ne projette une ombre portée désagréable sur le visage; et l'on aura soin que les yeux soient bien éclairés, et que leur éclat ne se trouve pas voilé par la saillie des arcades sourcilières. C'est surtout pour éviter ce désagréable effet qu'on doit prendre garde à ce que le modèle soit éclairé par une lumière plutôt horizontale que verticale.

CHAPITRE III.

CONSEILS ARTISTIQUES POUR LA BONNE EXÉCUTION DES PORTRAITS.

Observations générales, 120. — Détails, 121.

120. Ce serait en vain que l'on se serait conformé scrupuleusement à tout ce qui précède, si l'on est dépourvu de ce sentiment artistique et de cette pureté de goût qui sont indispensables pour donner au modèle un maintien gracieux et

une pose facile, naturelle et harmonieuse. En un mot, si l'on ne s'était pas un peu familiarisé avec les règles de la peinture et de la perspective, on ne produirait jamais que des épreuves froides, raides et guindées.

Nous avons dit au N° 82 quelles étaient les dispositions à prendre pour reproduire une vue, un paysage, des groupes d'objets d'art, etc.; il nous reste à présenter quelques observations artistiques qui concernent plus spécialement les portraits.

Il ne suffit pas, en général, de savoir donner au modèle un maintien gracieux, il faut encore à propos savoir lui faire prendre l'attitude qui lui est le plus favorable. Ainsi, certaines tournures ne se prêteront jamais à une représentation en pied; certaiues physionomies fort gracieuses, si elles sont vues de profil, perdront tout leur charme si on les représente de face. C'est l'observation constante de tous ces détails qui constitue le talent de l'artiste photographique; ce sera peu pour lui d'arriver à reproduire la nature dans toute sa vérité, il faut encore qu'il sache la saisir de la manière la plus avantageuse pour le modèle. Nous avions donc raison de dire que la photographie exige quelques connaissances artistiques.

121. Ce qui précède s'applique à l'ensemble de la pose du modèle; occupons-nous maintenant de certains détails qui devront toujours être présents à l'esprit, si on veut obtenir quelque succès.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la tête devra être tenue horizontale, de manière à ce que les yeux soient fortement éclairés. Il faut néanmoins, en se conformant à cette règle, prendre garde de donner au modèle une attitude hautaine et impérieuse, souvent en contradiction avec ses habitudes et son caractère. Par le même motif, les yeux, quoique très-ouverts, ne devront exprimer ni l'étonnement ni la colère.

Si un des côtés de la figure se trouvait fortement éclairé, tandis que l'autre serait complètement dans l'ombre, il en résulterait un effet désagréable. En général, on évitera les oppositions de lumière trop fortes ou trop tranchées.

Les bras devront tomber naturellement et sans raideur, et l'on évitera toutes les attitudes où il serait nécessaire de les placer sur un plan plus rapproché que le reste du corps. Nous en avons déjà dit la raison, N°s 112 et 119.

Si la personne est assise, les jambes ne devront pas être

portées trop en avant, car il résulterait un sentiment d'affaissement dans toute l'habitude du corps.

Lorsqu'on veut faire un portrait en pied, la personne qui pose devra s'appuyer sur un meuble dont l'élégance pourra faire un accessoire agréable du tablean.

Souvent on veut reproduire un groupe de divers personnages : on les disposera alors avec art, dans des attitudes différentes, mais toujours sur un même plan ; et, comme il est encore plus difficile à plusieurs personnes qu'à une seule de se tenir dans une immobilité parfaite, toutes les dispositions seront prises de manière à avoir une épreuve presque instantanée.

LIVRE IV.

DES PAPIERS PHOTOGÉNIQUES ET DE QUELQUES OBJETS RELATIFS A LA PHOTOGRAPHIE (1).

CHAPITRE PREMIER.

DES PAPIERS PHOTOGÉNIQUES.

§ Ier. — PRÉPARATION ET USAGE DU PAPIER CALOTYPE, DE M. TALBOT (2).

Les objets nécessaires à la préparation du papier calotype sont :

1° Deux assiettes profondes, ou deux cuvettes de porcelaine.

2° Une cuvette de verre.

3° Une éprouvette graduée.

4° Du papier brouillard et plusieurs pinceaux fins et doux.

5° Du papier à lettre glacé. (On aura soin d'examiner ce papier par transparence ; s'il était parsemé de grumeaux ou que sa texture ne fût pas bien égale, il ne pourrait servir. On rejettera les feuilles qui portent le nom du fabricant, ou bien on les coupera de manière à enlever la marque qui produirait une tache dans le milieu de l'épreuve. On ne saurait apporter trop de soins au choix du papier.)

6° Des préparations liquides au nombre de cinq, dont je vais de suite indiquer la composition (3).

N° 1. Solution de 100 grains de nitrate d'argent cristallisé dans 6 onces d'eau distillée.

(1) Presque tous les articles qui composent le livre IV ont été empruntés à l'excellent journal indiqué ci-après :

Le Technologiste ou *Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère*, publié par une Société de savants et de praticiens, sous la direction de M. Malepeyre. Ouvrage utile aux manufacturiers, aux fabricants, aux chefs d'ateliers, aux ingénieurs, aux mécaniciens, aux artistes, etc., etc., et à toutes les personnes qui s'occupent d'arts industriels. Prix : 18 fr. par an pour Paris, et 21 fr. pour la province.— Chaque mois il paraît un cahier de 48 pages in-8, grand format, renfermant des figures en grande quantité, gravées sur bois et sur acier. Paris, à la *Librairie Encyclopédique de* Roret, rue Hautefeuille, 10 bis.

(2) Extrait des *Mélanges photographiques*, de M. Ch. Chevalier.

(3) J'ai conservé les dénominations anglaises pour le poids des substances.

N° 2. Solution de 500 grains d'iodure de potassium dans une pinte d'eau.

N° 3. Solution de 100 grains de nitrate d'argent dans 2 onces d'eau distillée; ajouter à cette solution un sixième de son volume d'acide acétique concentré.

N° 4. Solution saturée d'acide gallique cristallisé dans de l'eau distillée (1).

N° 5. Solution de 100 grammes de brômure de potassium dans 8 ou 10 onces d'eau distillée.

Tous ces liquides seront conservés dans des flacons bouchés à l'émeri et placés, autant que possible, à l'abri de la lumière.

Quand on a fait choix du papier dont on veut se servir, on trace sur un des angles une petite marque au crayon pour reconnaître plus tard le côté sur lequel les préparations ont été appliquées; puis, au moyen d'un pinceau bien doux, on lave un des côtés du papier avec le liquide n° 1, en ayant soin de faire le moins de reprises possible, et de ne pas croiser les traits; on place alors le papier à quelque distance du feu ou bien dans un endroit obscur pour le faire sécher. Lorsqu'il est sec, on le trempe dans la solution n° 2, où on le laisse séjourner pendant une ou deux minutes; on le trempe ensuite dans un vase plein d'eau, et, après avoir absorbé la plus grande partie de l'humidité, on le fait sécher spontanément ou devant le feu. Bien que ce papier soit à peine sensible à l'action lumineuse, il faut néanmoins le conserver à l'abri de la lumière dans un portefeuille. Il est inaltérable, pourvu qu'on ne l'expose pas au jour; il est même prudent de faire toutes ces préparations à la lumière d'une bougie.

Pour éviter toute erreur, nous nommerons le papier ainsi préparé, *papier ioduré;* il doit avoir une teinte bien égale et d'un rose très-pâle.

Quand on veut faire une épreuve, on fait un mélange à parties égales (2) des solutions n°s 3 et 4, mais il ne faut en préparer que la quantité nécessaire à l'expérience, parce que ce mélange s'altère promptement. On obtient ainsi un *gallo-nitrate d'argent* que l'on étend sur le papier ioduré avec un nouveau pinceau, en prenant les mêmes précautions que dans l'opération précédente. Quand on a laissé reposer la feuille de papier pendant une demi-minute, on la trempe dans l'eau dont on absorbe la plus grande partie au moyen du papier

(1) On peut remplacer la solution d'acide gallique par de la teinture de noix de Galles étendue d'eau, néanmoins on doit préférer la première substance. L'eau dissout une très-petite quantité d'acide gallique.

(2) On fait ce mélange dans l'éprouvette graduée.

brouillard, et enfin on le fait sécher doucement en le plaçant à une assez grande distance du feu.

Toute cette seconde partie de l'opération doit être faite à la lueur d'une bougie. Lorsqu'on veut obtenir une épreuve immédiatement, il est inutile de faire sécher le papier au feu, il suffit de l'éponger avec le papier brouillard. Quand il a été complètement séché, il ne conserve sa sensibilité que pendant quelques heures; aussi ne faut-il pas tarder à en faire usage.

Pour exposer le papier à l'action lumineuse dans la chambre obscure, il faut, lorsqu'on l'emploie humide, remplacer la planchette par une ardoise sur laquelle l'humidité fera adhérer le papier.

La durée de l'exposition variera de cinq secondes à deux minutes, suivant la couleur de l'objet et l'intensité de l'éclairage. Lorsque cette partie de l'opération est terminée, il n'existe sur le papier aucune trace de l'image; pour la faire paraître, il faut laver la feuille de papier avec un pinceau trempé dans le gallo-nitrate d'argent, et l'exposer à la chaleur d'un feu doux pendant un temps qui varie entre quelques secondes et une minute ou deux; on voit les traits se former peu à peu, et prendre enfin une teinte brune ou noire; c'est alors qu'il faut soustraire l'image à l'action du calorique (1).

Pour fixer l'épreuve, on la trempe d'abord dans l'eau, et, après l'avoir séchée en partie dans du papier brouillard, on la lave avec la solution de brômure de potassium (n° 5) (2), et, après un dernier lavage à l'eau, on la sèche définitivement. Une forte solution de sel commun peut être substituée à celle de brômure de potassium, mais avec moins d'avantage.

Il est important que cette dernière partie de l'opération soit exécutée dans un endroit éclairé par une très-faible lumière, ou, mieux encore, par une lanterne garnie de verres jaunes.

L'épreuve que l'on obtient par ce procédé est négative, c'est à dire que les parties blanches des objets sont représentées en noir, *et vice versâ*; mais, avec cette épreuve, on peut en obtenir un nombre illimité dont les ombres et les clairs seront parfaitement conformes à ceux des objets naturels. Pour cela, il suffit d'appliquer l'épreuve négative sur une feuille de papier photogénique, de les placer ensemble sur une planchette et de

(1) On peut encore faire paraître l'image en appliquant le revers du papier sur les parois d'une bouteille contenant de l'eau bouillante, ou sur une espèce de boule d'étain chauffée de la même manière.

(2) On fera ce lavage dans la cuve de verre.

les recouvrir d'une glace qui les maintienne immédiatement en contact, puis de les exposer à la lumière jusqu'à ce que la seconde épreuve soit formée, ce qu'on peut vérifier en soulevant un des angles du papier; mais il faut d'abord augmenter la transparence de l'épreuve négative. Voici le procédé que M. Talbot emploie habituellement : il râpe de la cire vierge sur le revers de l'épreuve, et après l'avoir placée entre deux feuilles de papier blanc, il promène sur le feuillet supérieur un fer chaud à repasser jusqu'à ce que la cire fondue ait pénétré le papier de l'épreuve, que l'on peut employer aussitôt que la cire est bien refroidie. Quand on a pris ainsi plusieurs contre-épreuves, l'original perd quelquefois un peu de sa vigueur, mais il suffit, pour la lui rendre, de le laver avec le gallo-nitrate d'argent, de le chauffer et de le fixer de la manière indiquée précédemment. On pourrait obtenir les contre-épreuves sur du papier calotype; mais M. Talbot recommande de les faire sur du papier photogénique ordinaire préparé de la manière suivante :

Faites dissoudre 25 grains de sel commun dans une once d'eau distillée, laissez-y tremper le papier pendant quelque temps et placez-le ensuite entre plusieurs feuilles de papier brouillard; faites ensuite dissoudre 90 grains de nitrate d'argent cristallisé, dans une once d'eau distillée, et, avec un pinceau, étendez ce liquide sur le papier; faites sécher un peu, passez une seconde couche de nitrate, et enfin faites sécher complètement.

On peut se servir d'un autre papier photogénique, qui donne de meilleurs résultats et dont la préparation est moins difficile. Faites dissoudre 100 grains de brômure de potassium dans une once d'eau distillée, trempez-y le papier, placez-le entre plusieurs feuilles de papier brouillard, et quand il sera presque sec, étendez sur une de ses faces une solution de 100 grains de nitrate d'argent dans une once d'eau distillée, et faites-le sécher dans un endroit obscur. On augmente la sensibilité de ce papier, en y passant une seconde couche de nitrate d'argent.

On fixe les épreuves obtenues sur ces papiers, de la même manière que les images formées sur le papier calotype. La sensibilité est si grande, que l'on peut copier des plumes, des feuilles, etc., à la lueur d'un bec de gaz ou d'une lampe ordinaire, en se servant du papier encore humide. On aura soin de le placer à quatre ou cinq pouces de la flamme, et l'épreuve sera ordinairement terminée en trois ou quatre minutes.

J'ajouterai quelques renseignements sur les principales précautions à prendre pendant les diverses opérations que je viens de décrire.

Il faut avoir autant de pinceaux que de solutions et les laver exactement chaque fois que l'on en a fait usage. Le pinceau qui sert à étendre le gallo-nitrate est promptement détruit.

Le même papier brouillard ne doit pas servir pour absorber l'humidité du papier dans les différentes opérations. Il faut avoir plusieurs cahiers de papier et inscrire sur chacun d'eux l'usage auquel il est destiné.

On changera l'eau distillée des bassines après chaque lavage.

Le docteur Ryan a observé que pendant la première préparation du papier, si on le laisse séjourner longtemps dans la solution d'iodure de potassium (liquide n° 2), l'iodure d'argent formé pendant cette opération est tellement soluble dans un excès d'iodure de potassium, qu'il ne tarde pas à être complètement enlevé. Il faut donc tremper promptement la feuille dans la solution et la retirer aussitôt.

M. Mitchell a modifié le procédé de M. Talbot de la manière suivante. Il applique d'abord la solution n° 2 (iodure de potassium), fait sécher; applique ensuite le nitrate d'argent (solution n° 1), fait sécher de nouveau, et, après avoir fait tremper le papier pendant un moment dans la solution d'iodure (1), le lave encore dans l'eau distillée et le sèche définitivement. Par ce moyen, M. Mitchell obtient un papier plus sensible et la répartition plus égale des substances.

Je ne décrirai pas le procédé qu'emploie M. Talbot pour faire immédiatement une épreuve positive, la préparation est très-compliquée, et j'ai appris que les résultats ne sont pas assez remarquables pour qu'on se donne la peine de les obtenir. Cet habile physicien a découvert tout récemment le moyen de détruire la teinte jaune que présentent les épreuves obtenues sur le papier calotype ou sur tout autre papier préparé avec le nitrate d'argent.

M. Talbot augmente aussi la sensibilité de son papier calotype, en maintenant une plaque de fer chaude derrière la feuille préparée, pendant toute la durée de l'exposition à la chambre obscure. Ces perfectionnements divers sont décrits dans le paragraphe suivant.

(1) La solution d'iodure de potassium que M. Mitchell emploie pour cette dernière immersion, contient trois fois moins d'iodure que celle dont il fait usage en commençant. (125 grains d'iodure pour une pinte d'eau.)

§ II. PERFECTIONNEMENTS AUX PROCÉDÉS PHOTOGRAPHIQUES, Par M. W. H. F. TALBOT.

Je me suis proposé d'abord d'enlever la teinte jaunâtre des images qu'on a prises au papier calotype ou autre papier photographique, préparé avec une solution de nitrate d'argent, en plongeant l'image dans un bain chaud, composé d'hyposulfite de soude ou autre hyposulfite dissous dans dix fois son poids d'eau et chauffé presque jusqu'à l'ébullition. L'image doit rester environ dix minutes dans ce bain, puis être lavée à l'eau froide et séchée. Par ce moyen, elle est rendue plus permanente, et plus transparente, et les clairs y sont plus blancs. Après avoir subi l'opération précédente, on peut accroître encore la transparence d'une image calotype en laissant pénétrer de la cire fondue dans les pores du papier.

En second lieu, je place une plaque de fer chauffée derrière le cadre qui porte le papier, pendant que je prends l'image calotype à la chambre, afin de communiquer de la chaleur à ce papier et le rendre plus sensible.

Je prépare aussi un papier que j'appelle *iodo-gallique*, en lavant une feuille de papier iodé dans une solution saturée d'acide gallique dans l'eau, puis séchant. Ce papier conserve ses propriétés pendant un temps considérable, si on le met dans un portefeuille; quand on en a besoin pour l'usage, on le rend sensible à la lumière au moyen d'une solution de nitrate d'argent.

J'ai aussi trouvé un autre moyen, qui consiste à laver du papier iodé avec un mélange de 36 parties d'acide gallique et une partie, ou environ, de nitrate d'argent (ces solutions étant de la force de celle ordinairement employée dans le procédé calotype), et qu'on peut faire sécher ensuite devant un feu doux sans qu'il perde ses propriétés. Ce papier n'est pas aussi sensible que le papier calotype ordinaire, mais on peut s'en servir à l'état sec, tandis que le papier calotype doit généralement être employé à l'état humide, attendu qu'il y a quelque difficulté à l'obtenir parfaitement sec sans le détériorer.

Voici un moyen que j'ai trouvé pour améliorer les images photographiques : on prend une copie ou impression renversée d'une image photographique à la manière ordinaire, excepté qu'on la laisse exposée le double du temps à la lumière; ses ombres sont ainsi rendues trop noires, et les clairs ne sont

plus suffisamment blancs. Dans cet état, on la lave et on la plonge dans un bain d'iodure de potassium (de la force de 60 grammes par litre d'eau), pendant une ou deux minutes, ce qui rend cette image plus claire, et donne aux lumières une teinte jaune pâle, après quoi on la lave et on la plonge dans un bain chaud d'hyposulfite de soude, jusqu'à ce qu'on ait enlevé la teinte jaune pâle, et que tous les clairs soient devenus parfaitement blancs. Les images ainsi terminées présentent un effet agréable et particulier d'ombres et de lumières qu'on n'atteint que difficilement par tout autre moyen.

On peut aussi, pour relever les images, placer, après les avoir enduites de cire pour les rendre plus transparentes, une feuille de papier blanc ou coloré derrière.

Un moyen que j'ai aussi pratiqué pour obtenir des copies agrandies des portraits au daguerréotype ou au papier calotype, ou autres petites images photographiques, consiste à projeter des images agrandies au moyen de lentilles sur une feuille de papier calotype, ce qui produit une image négative amplifiée dont on peut obtenir, par les moyens connus, des images positives.

Voici maintenant ce que j'appelle *impression photographique:* on imprime quelques pages de caractères sur un côté seulement d'une feuille de papier, qu'on a enduite de cire si on le juge nécessaire, puis on découpe les lettres et on les assortit; alors, pour en composer une nouvelle page, on trace des lignes sur une feuille de papier blanc et on y compose des mots en collant sur les lignes les lettres séparément et dans l'ordre convenable. La page étant terminée, on prend une copie photographique négative à lettres blanches sur fond noir, on fixe cette copie et on en obtient alors autant d'épreuves positives qu'on le désire.

Un autre mode d'impression consisterait à employer de plus grands caractères peints sur des pièces rectangulaires de bois, colorées en blanc, à en former des pages en les disposant en séries sur une planche convenablement disposée à cet effet; puis, enfin, à en prendre, à la chambre obscure, une copie, suivant les dimensions requises, sur du papier calotype.

On conçoit que par ces divers moyens on peut produire un grand nombre de copies photographiques positives d'une peinture, d'une gravure, de musique, de cartes géographiques ou d'imprimés quelconques qu'on destinerait au commerce. Pour cela, on commence par préparer son papier à copier,

qui consiste en bon papier à écrire, exempt de gouttes d'eau et autres imperfections, et on le plonge dans un bain d'eau salée consistant en 100 à 120 grammes (3 onces 2 gros à 4 onces) de sel par litre d'eau ; on essuie alors légèrement et on sèche. Après cela, on lave dans une solution formée par un mélange de 8 grammes (2 gros) de nitrate d'argent dans 60 grammes (2 onces) d'eau distillée, auquel on ajoute une suffisante quantité d'ammoniaque pour former un précipité, puis le redissoudre et obtenir ainsi une solution claire. Lorsqu'il est sec, le papier peut être employé à prendre une épreuve négative d'un imprimé ou d'une peinture, en le plaçant en contact dans un cadre à copier (consistant essentiellement en un morceau de verre avec une planche derrière et des vis de serrage), et exposant à la lumière jusqu'à ce que la copie négative soit produite. Cette copie négative ayant été fixée par une solution chaude d'hyposulfite de soude, ainsi qu'il a été dit précédemment, peut être aussi enduite de cire; alors on en tire le nombre de copies positives dont on a besoin et qu'on fixe de la manière qui a été décrite.

§ III. PROCÉDÉ FERRO-CYANOTYPE DE M. HUNT.

En m'occupant d'expériences sur les dessins photographiques auxquels donne naissance l'action de l'hydriodate sur le chlorure d'argent, et dans le but d'enlever l'iodure qui se forme dans ce procédé sur le papier, j'ai été conduit à observer quelques changements particuliers produits par les influences combinées de la lumière et du ferro-cyanate de potasse. J'ai trouvé, par exemple, que le papier photographique ordinaire qu'on fait noircir à la lumière solaire, et sur lequel on fait ensuite agir légèrement un hydriodate quelconque, qu'on lave, quand il est sec, avec une solution de ferro-cyanate de potasse, devenait excessivement sensible à la lumière, et passait d'un brun léger à un noir intense par une exposition d'un instant à la lumière du soleil.

En cherchant à suivre les conséquences de cette observation, j'ai découvert que l'iodure d'argent parfaitement pur était influencé avec une plus grande rapidité encore, et que par son secours il devenait aisé de préparer un papier photographique d'une sensibilité vraiment exquise. Voici la méthode que je crois devoir recommander pour cet objet.

On prend du papier bien satiné qu'on trempe dans une solution de 2 grammes (37 grains) de nitrate d'argent et 30

grammes (1 once) d'eau distillée. On fait sécher promptement, puis on plonge une seconde fois dans la même solution; alors on le place, après qu'il a été desséché, et pendant environ une minute, dans une solution qui se compose de 2 grammes (37 grains) d'hydriodate de potasse et de 180 grammes (6 onces) d'eau. On l'étend dans cet état sur un carton uni, et on le lave doucement en faisant couler dessus de l'eau pure, et enfin on le fait sécher dans l'obscurité à la température ordinaire.

Les papiers ainsi préparés peuvent être conservés pendant longtemps, et on peut à un instant quelconque les rendre plus sensibles qu'aucun de ceux obtenus par toutes les préparations photographiques, le papier calotype excepté, mais qu'il égale parfaitement sous ce rapport, quand on vient à le plonger simplement dans une solution composée de 2 grammes (37 grains) de ferro-cyanate de potasse et de 30 grammes (1 once) d'eau. Ces papiers doivent être lavés à la solution de ferro-cyanate et séchés dans l'obscurité. Dans cet état de dessiccation, ils sont absolument insensibles, mais on peut à un instant quelconque leur rendre toute leur sensibilité en les lavant tout simplement avec un peu d'eau froide. Dans cet état, on prend une image, puis on rend ensuite le papier parfaitement insensible en le plongeant dans la solution hydriodique indiquée ci-dessus. Avec ce photographe ainsi fixé, on peut tirer plusieurs copies.

L'action du spectre solaire sur cette préparation est assez curieuse à connaître, mais pour le moment je me contenterai d'annoncer que le maximum d'effet est produit par les rayons les moins réfrangibles, et que tous les rayons, le *rouge extrême* excepté, agissent sur elle avec une énergie considérable. Dans tous les cas qui se sont présentés à moi, l'image du spectre imprimé était distinctement colorée d'une extrémité à l'autre, et j'ai même remarqué que les couleurs de milieux superposés laissaient une teinte correspondante sur le papier; mais, malheureusement, à mesure que le papier séchait, les couleurs disparaissaient.

Ce résultat fait entrevoir la possibilité de produire éventuellement des images photographiques avec leurs couleurs naturelles. Tous les spectres formés sur ces papiers étaient entourés d'un espace sensible qui s'était trouvé protégé contre l'influence de la lumière diffuse, ce qui fournirait une nouvelle preuve d'un fait déjà signalé par sir J. Herschell et par moi-même, savoir : qu'il émane des bords du soleil une classe de rayons qui possèdent des propriétés négatives particulières.

§ IV. PROCÉDÉ CHROMATYPE DE M. HUNT.

C'est à M. Ponton qu'on est redevable du premier procédé photographique dans lequel on a fait jouer le rôle d'agent actif à l'acide chromique. A cet effet ce chimiste a employé un papier saturé avec du bichromate de potasse qui, par son exposition aux rayons solaires, a passé promptement d'une belle couleur jaune à un brun pâle, en donnant par conséquent une image négative.

M. Ed. Becquerel a perfectionné ce procédé en imprégnant le papier de colle d'amidon avant d'y appliquer le bichromate de potasse, ce qui lui a permis de convertir l'image négative en une image positive par l'emploi d'une solution d'iode qui, en se combinant avec l'amidon dans les portions où la lumière n'avait pas eu d'action, ou bien où elle avait agi faiblement, formait ainsi un iodure d'amidon.

On ne peut se dissimuler toutefois que ces images exigent, pour les produire, un temps qui est assez long; qu'elles sont rarement nettes et bien distinctes, et qu'on les manque le plus souvent, malgré les soins les plus minutieux.

Tout en m'occupant d'une série fort étendue de recherches sur l'influence des rayons solaires, sur les sels de différents métaux, j'ai été conduit à la découverte d'un procédé au moyen duquel on produit de la manière la plus facile des photographes positifs.

On peut, pour cet objet, faire usage de plusieurs chromates métalliques; mais ceux auxquels je donne la préférence sont ceux de mercure et de cuivre, et surtout de ce dernier qui produit les effets les plus certains, et cela dans un temps infiniment moins prolongé que les autres chromates. Pour préparer le papier, on manipule ainsi qu'il suit :

On prend du papier à écrire de bonne qualité que l'on lave avec une solution de sulfate de cuivre, et fait sécher en partie. On le passe alors dans une solution de bichromate de potasse, et on sèche à une petite distance du feu. Les papiers ainsi préparés peuvent être conservés aussi longtemps qu'on le désire, et sont toujours prêts pour en faire usage. Néanmoins, il faut ajouter qu'ils ne sont jamais assez sensibles pour être employés dans la chambre obscure, quoique propres à tous les autres services.

Une gravure, un échantillon botanique ou autre objet quelconque ayant été placé sur le papier, dans un cadre photo-

graphique disposé convenablement pour prendre des images ou faire des copies, on expose au soleil pendant quelque temps, en variant la durée de l'impression lumineuse depuis 15 jusqu'à 20 minutes, suivant son intensité ou l'effet qu'on veut produire. Ce résultat de l'opération est généralement une image négative. Dans cet état, le papier est lavé avec une solution de nitrate d'argent, qui produit immédiatement une belle image orange foncé, sur un fond légèrement rembruni, ou parfois même parfaitement blanc. On fixe promptement cette image en lavant à l'eau pure et séchant.

Si on emploie des solutions saturées, on produit, ainsi qu'il vient d'être dit, des images négatives; mais si ces solutions sont étendues de trois à quatre fois leur volume d'eau, la première action qu'exercent les rayons solaires, consiste à noircir le papier; après quoi survient immédiatement une action blanchissante très-rapide qui donne une image positive d'abord très-pâle, mais qu'on fait apparaître d'une manière plus nette et dans toute sa délicatesse au moyen du nitrate d'argent.

Il est de toute nécessité de faire usage d'eau bien claire pour fixer les images, attendu que la présence des chlorhydrates endommagerait celles-ci, et c'est même l'observation de ce fait qui a donné naissance à une variété fort agréable de chromatype.

Si on tient l'image positive plongée dans une solution très-faible de sel commun, elle disparaît peu à peu en laissant quelques linéaments négatifs très-légers. Dans cet état, si on la retire de la solution saline, et qu'on la fasse sécher, on peut produire une image positive de couleur lilas, en l'exposant pendant quelques minutes aux rayons solaires.

L'analyse, au moyen du prisme, a démontré que ces changements sont produits par une classe de rayons placés entre le bleu le moins réfrangible et les limites extrêmes des rayons violets dans le spectre solaire visible. L'effet noircissant maximum est dû au rayon moyen bleu, et celui blanchissant est produit avec la plus grande énergie par les rayons violets les moins réfrangibles.

§ V. PAPIERS CHROMO-CYANOTYPE ET ÉNERGIATYPE DE M. HUNT.

M. R. Hunt, auquel on doit déjà des recherches ingénieuses sur l'influence chimique des rayons solaires, a proposé, depuis, deux procédés photographiques nouveaux que nous allons faire connaître.

Le premier de ces procédés, auquel il a imposé le nom de *chromo-cyanotype*, est fondé sur les changements qu'éprouve avec tant de facilité le bichromate de potasse sous l'influence du principe chimique des rayons solaires. Voici comment on le met en pratique.

On ajoute à 30 grammes (1 once) d'une solution saturée de bichromate de potasse, 15 grammes (1/2 once) de ferro-cyanate de potasse, renfermant 1 gramme (18 grains) de sel. Ces solutions, lors de leur mélange, prennent une couleur brun foncé, mais sans qu'il y ait précipitation. On lave avec le mélange l'un des côtés d'une feuille de papier à lettre, et on sèche devant le feu. Sur ce papier ainsi préparé, on imprime une image à la manière ordinaire, image qui est très-faible et négative. Ce papier n'est pas suffisamment sensible pour être affecté par la lumière diffuse de la chambre obscure; mais aux rayons du soleil, il procure de belles copies de gravures. Sur ce papier, aussi bien que sur la combinaison du bichromate de potasse et du sulfate de cuivre employé dans le procédé *chromatype*, les rayons du soleil exercent deux actions distinctes, d'abord ils brunissent le papier, puis le blanchissent rapidement.

L'image faible et négative, produite comme il a été dit, étant plongée dans une dissolution faible de sulfate de protoxyde de fer, devient immédiatement positive; les ombres s'y dessinent par un dépôt de bleu de Prusse qui se forme en plus grande abondance sur les parties peu éclairées que sur celles où le soleil a exercé le plus d'influence. Cette image n'est pas toutefois encore très-distincte; mais en regardant à travers le papier, on voit que chacune de ses parties a été fidèlement conservée. Si, au lieu de protosulfate, on emploie le persulfate de fer, il en résulte une image négative bleue très-intense, d'un grand intérêt. Dans ce cas, le dépôt de bleu de Prusse a lieu sur les portions du papier qui ont été solarisées. Les portions les plus claires sont d'abord jaunâtres, et peuvent même, si on les abandonne, passer au bleu; mais si on plonge pendant quelques minutes dans une solution de carbonate de soude, la couleur jaune disparaît, et l'image est blanche et bleu intense. Ces images ne peuvent servir d'originaux, attendu qu'elles manquent de transparence.

Si on plonge un chromo-cyanotype négatif dans une solution de potasse pure ou d'ammoniaque, l'image disparaît; on la fait revivre par une exposition aux rayons solaires, ou par

l'application de la chaleur; mais, dans tous les cas, les parties bleues deviennent brunes.

Une exposition à l'action simultanée du nitrate de mercure et du soleil fait disparaître encore plus complètement l'image, mais elle n'est pas détruite; et, en la tenant devant un feu vif, ou mieux, en appliquant dessus un fer chaud, une image positive de quelque intensité remplace celle négative.

Le second procédé qu'on doit à M. Hunt, et qu'il a désigné sous le nom d'*énergiatype*, à cause de certaines opinions qu'il s'est formées sur l'action chimique des rayons solaires, action à laquelle il a appliqué le nom spécial d'énergie, s'exécute ainsi qu'il suit :

L'on choisit de bon papier à lettre que l'on couvre de la solution suivante :

	gram.
Solution saturée d'acide succinique.	4
Mucilage de gomme arabique.	1
Eau.	1

Lorsque le papier est sec, on le couvre une fois d'une solution composée de 2 grammes (36 grains) de nitrate d'argent dans 32 grammes (1 once 18 grains) d'eau distillée. Après cela, on fait sécher le papier dans l'obscurité, et il est propre à être employé; on peut le conserver dans un portefeuille, et en tout temps le mettre dans la chambre obscure. Ainsi préparé, ce papier est d'un blanc pur, et il conserve cette couleur, ce qui est un grand avantage. En ce moment, M. Huut croit qu'il est nécessaire d'exposer les feuilles préparées d'après cette méthode, dans la chambre obscure pendant un espace de temps variable, suivant l'intensité de la lumière solaire, et qui va de deux à huit minutes, quoique quelques résultats qu'il a obtenus l'amènent à penser que, les proportions de matières employées étant une fois déterminées d'une manière convenable, il suffira de le laisser dans l'appareil pendant un temps beaucoup plus court.

Lorsque l'on retire le papier de la chambre obscure, on n'y distingue encore aucun indice de l'image qu'il s'agit maintenant de faire paraître. Il faut alors faire un mélange de 2 grammes (36 grains) d'une solution saturée de sulfate de fer avec 4 à 5 grammes (75 à 94 grains) de mucilage de gomme arabique. L'on passe rapidement, et de manière uniforme, sur la surface du papier, un pinceau large et plat imbibé de cette solution, et, dans l'espace d'un petit nombre de secondes, on

voit les images, invisibles jusqu'alors, se montrer graduellement, et manifester avec une grande rapidité une jolie épreuve photographique *négative*. Dès que l'effet obtenu est devenu aussi satisfaisant que possible, il faut enlever la solution de sulfate de fer, ce qui se fait à l'aide d'une éponge douce imbibée d'eau claire. L'on plonge ensuite l'épreuve dans l'eau pendant un court espace de temps, après quoi on peut la fixer solidement en la traitant par l'ammoniaque, ou peut-être mieux à l'aide d'une solution d'hyposulfite de soude; seulement, dans ce dernier cas, il faut ensuite avoir le soin de bien nettoyer le papier de ce sel. Le dessin ainsi produit, on peut en obtenir des épreuves correctes de trait, de lumière et d'ombre, en employant les papiers succinés auxquels on a recours pour la méthode ordinaire; un espace de cinq à dix minutes suffit à la lumière solaire pour produire l'effet désiré.

Les avantages que ce procédé présente comparativement à ceux que l'on connaît déjà semblent être très-appréciables. Les papiers préparés ainsi de la manière la plus simple, peuvent être conservés par les voyageurs jusqu'au moment où ils se proposent d'en faire usage; l'on n'a besoin de recourir à aucune autre préparation préliminaire avant de les introduire dans la chambre obscure; après quoi l'on peut les conserver jusqu'à ce qu'il s'offre une occasion favorable pour aviver l'image, ce que l'on fait de la manière la plus simple et avec une matière que l'on trouve partout.

Depuis la publication de ce procédé, M. Hunt a annoncé qu'il y avait un grand avantage à ajouter quelques grains de sel commun à la solution d'acide succinique et de gomme, pour donner aux clairs plus de vivacité et augmenter la sensibilité du papier.

Lorsque la solution de sulfate de fer a été répandue sur le papier, il est nécessaire de passer un pinceau rapidement, mais avec légèreté, sur la surface de la feuille; autrement il se forme de petites taches noires qui nuisent à l'image photographique. Si, comme il arrive quelquefois, la surface du dessin vient à noircir, il ne faut pas en conclure que l'expérience est manquée; cette teinte noire superficielle peut en effet être enlevée en lavant immédiatement avec une éponge imbibée d'eau. Si les clairs deviennent décolorés, on peut leur rendre leur blancheur à l'aide de l'acide chlorhydrique étendu : mais il faut avoir soin d'essuyer aussitôt cet acide, car sans cela les ombres souffriraient de son action prolongée.

Si la brièveté du temps pendant lequel le papier a été exposé fait que l'image se développe lentement ou imparfaitement, un faible réchauffement suffira pour la faire ressortir en peu de temps avec vigueur. La meilleure manière d'opérer, dans ce cas, consiste à tenir le papier à une faible distance du feu.

§ VI. ADDITION AU PROCÉDÉ ÉNERGIATYPE, ET PAPIER PHOTOGÉNIQUE DE M. GROVE.

Nous avons fait connaître (*voir* § V) un nouveau procédé photographique, auquel M. Hunt a donné le nom d'énergiatype. Il paraîtrait que beaucoup de personnes ont échoué dans l'application de ce procédé, à cause du degré différent de solubilité de l'acide succinique des diverses manufactures. En conséquence, M. Hunt conseille, si on veut réussir, de faire dissoudre 4 grammes (1 gros) d'acide succinique dans 32 grammes (une once 18 grains) d'eau distillée, et de n'ajouter la gomme et le sel qu'après dissolution parfaite.

Du reste, de nouvelles recherches lui ont démontré que la propriété qu'il a indiquée chez le sulfate de fer pouvait être appliquée *à toute autre espèce de papier photographique*. Ainsi, un papier simplement lavé au nitrate d'argent donne en quelques minutes de bonnes images à la chambre obscure; et des papiers au chlorure de sodium, au brômure de potassium, et particulièrement à l'iodure de potassium, fournissent des images en moins d'une minute. Les plus belles images qu'on produise en ce genre sont celles qu'on obtient des papiers couverts avec de l'acétate, du benzoate, du citrate d'argent et autres sels organiques de ce métal. Ces dessins se fixent par un lavage à l'ammoniaque modérément fort.

M. Grove vient aussi d'indiquer un nouveau procédé photographique, à l'aide duquel on peut produire des images par une seule opération.

Le papier préparé avec l'iodure de potassium, le nitrate d'argent et l'acide gallique, absolument comme si on voulait préparer du papier calotype suivant le procédé de M. F. Talbot, est abandonné à lui-même jusqu'à ce qu'il noircisse. En cet état, on le lave avec l'iodure de potassium en solution, et on le plonge dans l'acide nitrique étendu d'eau, puis on l'expose à la lumière. En quelques minutes, on parvient à se procurer ainsi de fort jolies copies de gravures.

§ VII. AUTRE PAPIER PHOTOGÉNIQUE DE M. HUNT.

Nous devons encore à M. Hunt un procédé fort curieux de photographie sur papier, qui présente beaucoup d'analogie avec celui de M. Daguerre. A l'aide de son papier, M. Hunt a fait des épreuves en cinq secondes au soleil, et en une minute par un temps couvert; il a même obtenu parfois l'image d'objets en mouvement. Voici la préparation indiquée par l'auteur :

Etendez une feuille de papier glacé, sur un plan dur et uni, lavez-la au moyen d'un pinceau très-doux, avec une solution de soixante grains (1) de brômure de potassium dans deux onces d'eau distillée, et faites-la sécher promptement près du feu; répétez la même opération une seconde fois; étendez sur la même face une solution de 120 grains de nitrate d'argent dans une once d'eau distillée, et faites sécher rapidement à l'ombre. Quand on veut faire usage du papier, on le lave de nouveau avec le nitrate et on le place encore humide dans la chambre obscure en ayant bien soin d'éviter que le papier reçoive l'impression de la lumière avant le moment indiqué. Au bout de quelques secondes, on retire le châssis et on fait complètement sécher l'épreuve dans l'obscurité. Il n'existe alors aucune trace du dessin sur le papier, mais en l'exposant aux vapeurs mercurielles, on ne tarde pas à voir apparaître l'image; on enlève la lampe à l'esprit-de-vin, et, au bout de quelques instants, on chauffe de nouveau le mercure jusqu'à ce que l'image soit bien distincte : il faut alors enlever l'épreuve et la placer dans un endroit obscur où on la laissera pendant quelques heures se terminer toute seule. On fixe l'épreuve en la lavant d'abord dans de l'eau pure. Après l'avoir séchée, lavez-la promptement avec un pinceau trempé dans une solution chaude d'hyposulfite de soude et soumettez-la enfin à un dernier lavage dans l'eau fraîche. Vous obtiendrez ainsi une épreuve négative, il est vrai, mais presque aussi nette qu'une planche daguerrienne, et au moyen de laquelle vous pourrez faire des épreuves positives parfaites.

§ VIII. PAPIER CHRYSOTYPE DE M. HERSCHELL.

Le papier chrysotype découvert par M. Herschell, est d'une préparation facile et donne des résultats comparables sinon supérieurs à ceux du calotype.

Préparation. — Faites dissoudre 100 grains (6 grammes)

(1) Poids anglais.

d'ammonio-citrate de fer dans 900 grains (54 grammes) d'eau, et étendez au pinceau cette solution sur une feuille de papier mince, lisse et d'un tissu bien égal, faites-le sécher et renfermez-le dans un carton jusqu'à ce que vous ayez occasion d'en faire usage. L'image de la chambre obscure se forme rapidement sur ce papier, mais elle est très-faible et parfois entièrement invisible. Pour la faire paraître, lavez-la avec une solution d'or dans l'eau régale, neutralisée par la soude et étendue d'eau jusqu'à ce qu'elle prenne à peu près la couleur du vin de Xerès; l'image se dessine aussitôt, mais n'atteint son maximum de perfection qu'au bout d'une minute ou d'une minute et demie. Lavez-la ensuite à deux ou trois eaux et faites-la sécher. L'épreuve est alors à moitié fixée; pour la fixer complètement, étendez à sa surface une faible solution d'hydriodate de potasse, laissez-la reposer pendant une ou deux minutes, surtout lorsque les clairs sont altérés par ce lavage, et faites-la tremper dans l'eau pure jusqu'à ce qu'elle ait repris toute sa vigueur; faites-la sécher, et dès lors elle résistera à la plus vive lumière et probablement à l'action de toutes les substances qui ne détruisent pas le papier.

On peut substituer le nitrate d'argent au chlorure d'or, l'image y gagne en netteté et en vigueur; mais, dans ce cas, on fixera l'épreuve avec l'hyposulfite de soude (1).

Ce papier est précieux pour obtenir la contre-épreuve d'une image négative.

§ IX. PAPIER PHOTOGÉNIQUE, DIT AMPHITYPE, DE M. HERSCHELL.

J'ai publié, en 1842, un mémoire sur l'action du spectre solaire sur les couleurs végétales, dans lequel j'ai indiqué un procédé à l'aide duquel on peut obtenir des images positives, qui ressemblent parfaitement aux épreuves de gravures qu'on fait avec l'encre ordinaire des imprimeurs; j'espérais, à cette époque, être promptement en mesure de perfectionner ce procédé et de le réduire à un ensemble simple et bien arrêté de manipulations propres à en assurer le succès; mais, tout capricieux que soient, comme on sait, les procédés photogéniques, celui-ci s'est montré, sous ce rapport, tellement rebelle, et en ajoutant à cela le peu de temps que j'ai pu consacrer à son étude, que j'ai jugé qu'il était préférable d'en donner une des-

(1) En faisant usage de nitrate d'argent, l'opération devient sans contredit la plus simple de toutes celles que l'on connaisse actuellement.

cription d'une manière générale et sous la forme où, entre mes mains, il a souvent réussi, et parfois à un degré très-éminent, plutôt que d'en différer la publication à une époque où je lui aurais fait subir des perfectionnements qui ne se réaliseront peut-être jamais.

D'ailleurs, j'ai fait cette communication non pas tant seulement sous le rapport de ses résultats, qui, toutefois, ne manquent ni d'intérêt ni de beauté, que pour faire connaître les habitudes curieuses et très-compliquées que le fer, le mercure et le plomb affectent dans cette circonstance; en un mot, pour apporter mon tribut à la science nouvellement créée de l'*actinochimie*.

Le papier propre à produire des images amphitypes peut être préparé soit avec le ferro-tartrate, soit avec le ferro-citrate de protoxyde, ou de peroxyde de mercure, ou de protoxyde de plomb, en se servant de laits de ces sels, ou bien par des applications successives des nitrates des oxydes respectifs séparément ou mélangés sur un papier, alternant avec des solutions de ferro-tartrate ou de ferro-citrate-d'ammoniaque (tartrate et citrate ammoniacal de fer), les dernières solutions étant appliquées en dernier lieu et en plus ou moins grand excès.

J'évite à dessein de donner des proportions, attendu qu'il m'a été impossible encore d'en fixer aucune avec la moindre chance de succès.

Le papier, ainsi préparé et séché, fournit une image négative en un temps qui varie d'une demi-heure à cinq ou six heures, suivant l'intensité de la lumière, et l'impression produite varie relativement au ton, depuis une image pâle et faible qu'on a peine à discerner, jusqu'à une image de la richesse et de l'abondance la plus merveilleuse, tant sous le rapport du coloris que des détails, et où la couleur est un brun velouté magnifique.

Cette richesse extrême d'effets ne se produit jamais, à moins que le plomb ne soit présent, soit dans les ingrédients dont on fait usage, soit *dans le papier lui-même*, et elle n'est pas due, ainsi que je l'avais supposé à l'origine, à la présence de l'acide tartrique libre.

Les images en cet état ne sont pas permanentes; elles s'effacent même dans l'obscurité, quoique avec divers degrés de rapidité; quelques-unes (surtout s'il y a présence de l'acide tartrique ou de l'acide citrique libre) en quelques jours, tandis

que d'autres restent sans s'altérer pendant des semaines entières et exigent même des années avant de s'effacer complètement. Mais quoique entièrement disparues en apparence, les images ne sont en réalité que dormantes, et on peut les faire revivre en changeant toutefois leur caractère négatif en caractère positif, et leur couleur du brun en noir (dans les ombres) par le procédé suivant.

On prépare un bain en versant une petite quantité d'une solution de pernitrate de mercure dans une grande quantité d'eau et en laissant déposer le précipité de sous-nitrate. C'est dans cette liqueur qu'on plonge le dessin (débarrassé avec soin, et à plusieurs reprises, de toutes les bulles d'air qui le couvrent), et qu'on le laisse immergé jusqu'à ce que l'image (si elle est encore visible) soit entièrement détruite; ou, si elle est effacée, jusqu'à l'instant jugé suffisant par la pratique qu'ont déjà fournie de précédentes expériences, terme souvent marqué par l'apparence d'une faible image positive de couleur jaune éclatant, qui ressort sur le fond jaune pâle du papier.

Il faut souvent beaucoup de temps (plusieurs semaines) pour atteindre ce but; mais la chaleur accélère cette action, qui est souvent ainsi complète en quelques heures.

Dans cet état, l'image a besoin d'être abondamment lavée et plongée dans l'eau pure et chaude, puis séchée. Alors on la repasse soigneusement avec un fer chauffé au point de ne pas endommager le papier, qu'on place du reste, afin d'éviter de l'écorcher, entre des doubles de papier blanc, doux et lisse.

Si ce procédé a réussi, on possède alors une image bien développée et parfaitement noire.

Il arrive le plus communément que cette image tout entière est empâtée ou maculée à un tel point qu'on est disposé à la condamner comme entièrement manquée et gâtée; mais en la conservant entre les feuillets d'un livre, et surtout dans une atmosphère humide, cette maculature disparaît par degrés extrêmement lents, et l'image se dégage d'elle-même en augmentant continuellement en netteté et en clarté, au point d'acquérir l'effet exact de l'épreuve sur papier d'une planche de cuivre, mais plus ou moins teintée de jaune pâle.

Je ferai remarquer ici que les épreuves les plus belles et les plus uniformes que j'aie pu me procurer, l'ont été sur du papier préalablement lavé avec certaines préparations d'acide urique qui constitue un élément photographique des plus remarquables et des plus puissants.

L'intensité de l'image négative primitive n'est pas un indice de celle qu'on doit attendre pour l'image positif.

C'est d'après la production par la seule et même action de la lumière d'une image, soit négative, soit positive, suivant les manipulations consécutives, que j'ai désigné ce procédé, dont je viens de donner une idée, sous le nom d'*amphitype*, qui m'a été suggérée par F. Talbot, à qui j'ai communiqué ces résultats, et c'est aussi à ce procédé, ou à cette classe de procédés, qui, je n'en doute pas, conduira, si on le poursuit, à quelque brillant résultat, que je propose de restreindre le nom en question, quoiqu'il s'applique d'une manière plus propre peut-être encore au procédé suivant, qui me paraît excessivement curieux et remarquable, et dans lequel l'argent joue un rôle.

J'ai déjà annoncé un mode pour produire, à l'aide d'une solution d'argent, combinée avec l'acide ferro-tartrique, une image dormante qu'on fait vigoureusement surgir en une impression négative, en soufflant dessus, ou en y projetant de l'air humide.

La solution décrite alors et qui, à cette époque, était déjà vieille de plusieurs semaines, a, pour le dire en passant, conservé sa limpidité et toutes ses propriétés photographiques sans altération pendant toute l'année qui s'est écoulée depuis, et est aussi sensible aujourd'hui que jamais, propriété extrêmement précieuse. Or, quand une épreuve (celle par exemple qu'on prendrait d'une gravure) est prise sur du papier blanc avec cette solution, elle ne présente aucune trace d'image sur l'envers, soit que celle sur l'endroit, ou face supérieure, soit développée ou non; mais si, pendant que l'action actinique est encore toute récente sur l'endroit, c'est-à-dire aussitôt qu'on a soustrait à la lumière, l'envers ou le dos est exposé pendant quelques secondes aux rayons solaires; puis qu'on transporte dans un lieu obscur, *on voit apparaître avec lenteur et graduellement une image positive, qui est le complément exact de celle négative sur le côté opposé*, quoique manquant un peu de netteté, surtout si le papier est épais, et cette image acquiert, en une demi-heure ou une heure, une intensité considérable.

J'ajouterai qu'on prépare l'acide ferro-tartrique en question en précipitant le ferro-tartrate d'ammoniaque par l'acétate de plomb, et décomposant le précipité par de l'acide sulfurique étendu.

Enfin, quand on se sert du plomb dans la préparation du

papier amphitype, les parties sur lesquelles la lumière a exercé son action, deviennent, à un très-haut degré, *imperméables à l'eau* et à l'humidité.

§ X. PAPIER PHOTOGÉNIQUE DE M. BAYARD.

On sait que M. Bayard a fait sur papier de magnifiques épreuves qui laissent bien loin derrière elles tout ce qu'on a obtenu par les autres procédés. Malheureusement, par une discrétion dont il est difficile de pénétrer les motifs, M. Bayard s'est refusé jusqu'ici à faire connaître sa manière d'opérer. Nous ne pouvons donc, à notre grand regret, fournir à nos lecteurs aucun renseignement sur cet important sujet, et nous nous bornerons à faire des vœux pour que M. Bayard ne retarde pas plus longtemps une communication si impatiemment attendue.

CHAPITRE II.

MÉLANGES PHOTOGRAPHIQUES.

§ Ier. DES IMAGES DE MOSER.

M. Regnault a communiqué à l'Académie des résultats très-curieux obtenus par M. Moser, de Kœnigsberg, sur la formation des images daguerriennes, et qui lui ont été adressés par M. de Humboldt.

« On sait maintenant que lorsqu'une plaque iodée est laissée pendant un temps convenable dans la chambre obscure, on obtient une image immédiatement visible, sans avoir besoin de passer la plaque au mercure. Mais cette image est une *image inverse* ou *négative*, c'est-à-dire que les clairs y sont représentés en noir, et les ombres, au contraire, se trouvent représentées par des clairs. Dans les expériences de M. Daguerre, on n'attend pas que cette image négative paraisse; quand on retire la plaque de la chambre noire, on n'y aperçoit rien; mais la couche iodée est suffisamment affectée pour que l'image paraisse lorsqu'on expose la plaque aux vapeurs mercurielles. Il faut néanmoins, pour cela, que la plaque soit restée exposée un temps suffisant à la radiation.

» Les expériences curieuses de M. Ed. Becquerel ont montré qu'il suffisait d'un temps extrêmement court pour que la pellicule iodée reçût une impression notable, laquelle n'était pas, à la vérité, rendue immédiatement sensible par la vapeur

de mercure; mais que si la plaque était placée ensuite pendant quelque temps au soleil sous un verre rouge, la pellicule continuait à s'impressionner, et l'image pouvait, après cette nouvelle action, devenir sensible par la vapeur mercurielle. De là, la distinction établie par M. Becquerel, de rayons excitateurs et de rayons continuateurs.

» M. Moser a constaté les principaux résultats de M. Becquerel et a observé de nouveaux faits.

» Il a reconnu qu'il était nécessaire que la plaque iodée restât exposée pendant un certain temps sous l'influence des premiers rayons, dans la chambre noire, pour que l'image pût se développer ensuite sous le verre rouge; mais que si l'on prolongeait très-longtemps l'action sous le verre rouge, on voyait apparaître directement une image négative (sans emploi de mercure).

» M. Gaudin avait déjà reconnu que les verres jaunes sont, dans cette circonstance, beaucoup plus actifs que les verres rouges. M. Moser a observé ce fait curieux : une plaque iodée, qui avait séjourné dans la chambre obscure à peu près le temps convenable pour donner l'image positive ordinaire (1) à la vapeur de mercure, fut placée au soleil, sous un verre jaune; elle ne montrait alors aucune image; on vit aussitôt se former très-rapidement une image négative; celle-ci disparut au bout de quelques instants, et, après 10 à 15 minutes, il apparut à sa place une image positive.

» En employant des verres rouges, M. Moser n'a jamais pu obtenir d'image positive, quel que fût le temps de l'exposition; il a reconnu, au contraire, que cette transformation avait lieu très-bien sous les verres verts.

« M. Moser se trouve conduit à distinguer de la manière suivante l'action de divers rayons du spectre; sur la couche iodée intacte, les rayons violets et bleus sont les seuls actifs; ils produisent un commencement d'altération qui n'est pas visible directement, mais qui le devient par l'action de la vapeur mercurielle quand cette altération est arrivée à un certain point. Mais on peut distinguer deux périodes dans cette altération progressive de la couche iodée; à la fin de la première période, la couche iodée est tellement modifiée, que les rayons rouges et orangés agissent maintenant aussi bien que les rayons bleus et violets; mais les rayons jaunes n'agissent pas encore;

(1) On donne le nom d'image *positive* ou *directe* à celle dans laquelle les clairs sont représentés par des clairs, et les ombres par des noirs, comme dans nos dessins ordinaires.

car, si l'on retire la plaque trop tôt de la chambre obscure, on voit que les rayons jaunes sont tout-à-fait inactifs. A la fin de la seconde période, les rayons verts et jaunes agissent à leur tour; la plaque est alors à peu près au point où l'image devient visible sous l'influence des vapeurs mercurielles.

» Une plaque iodée a été placée dans la chambre obscure et laissée pendant plus d'une heure dirigée sur des objets éclairés par le soleil, de manière à présenter une image négative très-distincte; cette image a été mise ensuite en plein soleil; au bout de quelques minutes, l'image négative avait disparu et l'on vit apparaître à sa place une image positive tout aussi nette, dans laquelle les clairs avaient une nuance verdâtre et les ombres une couleur d'un rouge-brun foncé. M. Moser attribue ce dernier effet aux rayons jaunes et verts.

» On voit par ces expériences de M. Moser, qu'il y a deux images qui se forment successivement et directement sur la plaque. M. Moser a cherché s'il ne s'en formait pas encore d'autres; pour cela il a pris deux plaques dont l'une fut passée à l'iode et la seconde au chlorure d'iode; il plaça chacune de ces plaques dans une chambre noire particulière dont les lentilles étaient dirigées sur des maisons éloignées; les chambres noires étaient renfermées dans une pièce complètement obscure, pour éviter l'action de la lumière diffuse. La saison était très-défavorable, on était en hiver : l'expérience fut prolongée pendant treize jours; au bout de ce temps, on trouva des images positives sur les deux plaques. La plaque au chlorure d'iode présentait l'image la plus vive; elle était d'un très-bel aspect par la vivacité de ses couleurs; les clairs étaient d'un bleu de ciel bien franc et les ombres d'un rouge de feu très-intense. M. Moser regarde ces images comme étant toujours la première image positive.

» La plaque au chlorure d'iode ayant été plongée dans la dissolution de l'hyposulfite de soude, les couleurs disparurent immédiatement, et l'on vit paraître l'image négative.

» M. Moser a fait ensuite une série d'expériences avec des rayons polarisés, dans le but de rechercher si les rayons qui produisent les images se différentiaient, sous ce rapport, des rayons lumineux; il n'a pu constater aucune différence.

» En plaçant au-devant de la lentille de la chambre obscure un prisme de chaux carbonatée achromatisé pour une des images, et dirigeant la lentille sur une statue, il obtint

deux images parfaitement distinctes et nettes, bien qu'une seule des deux images parût achromatique à l'œil.

» M. Moser prit également les épreuves des anneaux colorés et des figures données par la lumière polarisée dans les plaques cristallines, verres trempés, etc., etc.; dans toutes ces circonstances les images se trouvèrent semblables à celles que l'on voit à la vue directe.

» On sait depuis longtemps que si l'on écrit avec certaines substances sur une plaque de glace bien polie, qu'ensuite on efface les caractères, et qu'on nettoie complètement la surface, les caractères reparaissent toujours quand on y projette de l'humidité par le souffle de l'haleine. M. Moser a reconnu que ce phénomène se présentait pour tous les corps polis, et quelle que soit la matière avec laquelle les caractères ont été tracés. Ainsi, on l'obtient d'une manière très-marquée en soufflant l'haleine sur la plaque de glace, et traçant immédiatement quelques caractères avec un pinceau très-propre; si l'on vient à souffler de nouveau l'haleine dessus après que la première humidité s'est évaporée, on voit reparaître les caractères. Le même phénomène se présente, même après plusieurs jours, à la surface du mercure, pourvu qu'on laisse ce liquide parfaitement tranquille. On l'observe aussi en plaçant sur une plaque polie un écran découpé, et projetant ensuite l'haleine sur l'écran. La vapeur d'eau qui se condense à l'endroit des découpures étant évaporée, on reconnaît toujours, d'après M. Moser, en soufflant de nouveau l'haleine sur la plaque, la place occupée par les caractères à la première insufflation.

» M. Regnault pense que, dans ces dernières expériences, la petite quantité de matière grasse qui se trouve constamment à la surface des corps, ou qui peut être envoyée par l'haleine, peut jouer un grand rôle; en se déposant différemment à la surface de la plaque, elle peut modifier suffisamment la nature de cette surface, pour que la modification devienne sensible par les réflexions inégales de lumière produites sur les dépôts inégaux de la vapeur.

» M. Moser a reconnu que la vapeur d'iode et la vapeur de mercure se prêtent très-bien à la manifestation des images; dans le cas où la vapeur d'iode seule ne manifestait pas l'image, on la faisait naître ordinairement en exposant ensuite la plaque aux vapeurs du mercure.

Une plaque d'argent fut iodée comme pour les épreuves daguerriennes. On plaça sur cette plaque des objets divers,

des médailles métalliques et non métalliques; l'objet étant enlevé, on reconnaissait quelquefois immédiatement sa place; mais c'est surtout en exposant la plaque aux vapeurs de mercure que l'image paraissait d'une manière assez nette pour que l'on pût reconnaître parfaitement bien des figures, des lettres, etc.

Cette expérience réussit tout aussi bien dans une *obscurité complète*, pendant la nuit, que sous l'influence de la lumière.

Une plaque iodée, traitée de la même manière, ne présentait aucune image après l'enlèvement de l'objet, mais l'image parut immédiatement avec la plus grande netteté, quand la plaque fut exposée à la lumière diffuse ou au soleil.

On obtient même une image sensible sur une plaque d'argent très-bien polie et n'ayant jamais servi, sans *la passer préalablement à l'iode* : on l'expose, après le contact de l'objet, à la vapeur de mercure. La même expérience a réussi avec des plaques d'autres métaux.

M. Moser conclut de ces expériences que, lorsqu'une surface a été touchée dans certaines parties par un corps, elle a acquis la propriété de condenser les vapeurs des substances qui ont pour elle une certaine force d'adhésion, d'une autre manière dans les parties touchées que dans celles qui n'ont pas été au contact; de sorte que le contact aurait produit ici une modification analogue à celle de l'action de la lumière.

Parmi les expériences faites par M. Moser, je citerai la suivante : Une plaque d'argent fut iodée pendant la nuit et dans une obscurité complète, on plaça ensuite sur la plaque une médaille taillée en agate, une plaque métallique gravée, un anneau en corne, etc.; la plaque fut ensuite soumise aux vapeurs mercurielles. On vit apparaître les images parfaitement nettes des figures gravées sur l'agate, des lettres gravées sur la plaque metallique, de l'anneau, etc.

Des plaques traitées de la même manière furent exposées, après le contact, à la lumière diffuse ou à la lumière solaire, et l'on vit apparaître directement des images tout aussi nettes. Enfin les expériences furent faites en exposant la plaque impressionnée sous des verres colorés aux radiations solaires : on n'obtint que des traces d'images sons les verres rouges et jaunes; les images furent, au contraire, très-nettes sous les verres violets.

Une plaque d'argent qui n'avait pas encore servi fut polie

avec le plus grand soin, puis placée sous un écran noir, dans lequel on avait découpé des caractères; l'écran ne touchait pas la plaque. L'appareil fut placé pendant plusieurs jours à la lumière solaire; la plaque ayant été ensuite exposée aux vapeurs mercurielles, l'image des découpures parut d'une manière parfaitement nette.

La même expérience réussit très-bien avec une plaque de cuivre, en l'exposant ensuite à la vapeur d'iode.

Enfin, on obtint le même résultat sur une plaque de glace en projetant dessus l'haleine, après le contact.

Les expériences précédentes montrent qu'au contact il se forme, à la surface des corps polis, des modifications analogues à celles que ces corps éprouvent sous l'influence de la lumière; mais voici un résultat bien plus extraordinaire de M. Moser, c'est que le même phénomène se produit dans l'obscurité la plus complète, par les corps placés à distance. M. Moser énonce ce fait de la manière suivante : Lorsque deux corps sont suffisamment rapprochés, ils impriment leur image l'un sur l'autre.

Les expériences ont été faites dans une obscurité complète la nuit; les plaques et les corps produisant image étaient placés dans une boîte fermée, située elle-même dans une chambre complètement obscure. Les images paraissaient quelquefois au bout de dix minutes d'action.

M. Moser a cherché si la phosphorescence jouait un rôle dans ce phénomène ; il n'a pu observer aucune différence entre l'action d'un corps laissé depuis plusieurs jours dans une obscurité complète et celui qui venait d'être exposé à l'action des rayons solaires. Ce résultat fut très-net pour une plaque d'agate qui fut exposée au soleil, la moitié de sa surface étant garantie des rayons solaires. Il fut impossible de distinguer sur l'image obtenue, au moyen de cette agate, sur une plaque d'argent polie, la partie soumise à l'insolation de la partie qui était restée couverte.

Les vapeurs ne sont pas essentielles pour manifester ces phénomènes. Ainsi, une plaque d'argent iodée étant soumise, dans l'obscurité complète, à l'action d'un corps placé à petite distance, pendant un temps suffisant, on voit paraître l'image ; les parties qui ont été le plus influencées sont noircies d'une manière très-sensible.

La seule manière d'expliquer la formation d'images distinctes dans ces circonstances, si on l'attribue à des radiations,

consiste évidemment à admettre que ces radiations diminuent très-rapidement d'intensité avec l'obliquité. C'est, en effet, ce qu'admet M. Moser.

M. de Humboldt annonce dans sa lettre que les expériences de M. Moser sur la formation des images dans l'obscurité, au contact et à petite distance, ont été répétées avec plein succès à Berlin, par M. Aschersohn, en sa présence et en celle de l'astronome M. Enck.

Une vignette gravée en creux dans une plaque d'alliage métallique a été placée sur une plaque d'argent parfaitement polie et non iodée, et laissée pendant vingt minutes : l'image était peu marquée ; mais elle est devenue plus nette en iodant la plaque et en la passant ensuite au mercure. Dans une autre expérience, on a placé sur la plaque d'argent polie un camée en cornaline portant une inscription, les lettres étaient parfaitement lisibles sur l'image.

M. Aschersohn a obtenu des traces d'images très-distinctes en plaçant la plaque d'alliage gravée à une distance d'environ 1 millimètre (une demi-ligne) de la plaque d'argent.

Aussitôt la publication des phénomènes curieux observés par M. Moser, les savants de tous les pays se mirent à l'œuvre, et se livrèrent à une foule d'expériences, soit pour reproduire les résultats connus, soit pour en rechercher l'explication scientifique, soit enfin pour trouver une application pratique à cette nouvelle branche de la photographie. Parmi les personnes qui s'en sont le plus occupées nous citerons : MM. Fizeau, Bertot, Masson, Knorr, Morren, Karsten, H. Prater. Les résultats de leurs observations ont été consignés dans *le Technologiste;* mais encore bien que ces observations présentent le plus grand intérêt sous le rapport scientifique, nous n'avons pas cru devoir les insérer dans ce Manuel, parce qu'elles sont encore pour la plupart à l'état de théories, sans application utile.

Nous renverrons donc au *Technologiste* ceux de nos lecteurs qui voudraient approfondir l'étude des phénomènes de Moser.

§ II. DESCRIPTION DU PHOTOGRAPHE A VERRES COMBINÉS, INVENTÉ PAR M. CHARLES CHEVALIER (1).

L'appareil entier est renfermé dans une boîte de 50 centimètres (1 pied 6 pouces 6 lignes) de longueur, 28 cen-

(1) Le photographe de M. Chevalier étant l'appareil le plus parfait qu'on ait construit, nous en donnons ici la description.

timètres (10 pouces 4 lignes) de largeur, et 21 centimètres (7 pouces 10 lignes) de hauteur, munie de deux poignées à ses extrémités.

On a logé dans le couvercle :

1° Deux bassines qui entrent l'une dans l'autre (*fig.* 10, *Pl.* I, *Daguerréotype*).

2° La boîte à plaques construite en cuivre et vernie à l'extérieur : on peut y loger dix plaques, quoiqu'elle soit de moitié moins épaisse que les boîtes ordinaires ; elle se place dans les bassines.

3° La boîte à ioder. Quel que soit le système que l'on adopte, cette boîte doit toujours être garnie complètement en verre ou en porcelaine à l'intérieur, pour que les vapeurs d'iode ne s'attachent pas à ses parois (*fig.* 7).

4° La planchette à polir les plaques.

Dans le fond de la boîte on a placé :

1° La chambre obscure à développement (*fig.* 1 *et* 1 *bis*). Fermée, elle a 42 centimètres (1 pied 3 pouces) de long, 23 centimètres (8 pouces 6 lignes) de large, et 9 centimètres (3 pouces 4 lignes) de haut, et lorsqu'elle est ouverte, elle reçoit des plaques de la dimension ordinaire. Des quatre côtés de l'instrument, deux sont plus élevés et brisés dans le milieu, suivant leur longueur. Garnis de charnières, ils se replient à l'intérieur de la boîte quand on la ferme, et lorsqu'on veut la maintenir ouverte, il suffit de rabattre la face antérieure que l'on fixe au moyen de deux petits tourillons. L'appareil est alors aussi solide que s'il était composé d'une seule pièce.

La mise au point s'obtient au moyen d'un engrenage qui fait marcher un châssis intérieur dans lequel viennent s'adapter la glace dépolie et le cadre à plaques. Lorsqu'on a obtenu toute la netteté désirable, il suffit de tourner une clef d'arrêt pour maintenir l'appareil dans une position invariable. Tous les châssis et cadres se placent à coulisse, et, pour éviter l'introduction du jour, on a ménagé, à la partie supérieure de l'appareil, une trappe à ressort qui se referme spontanément aussitôt qu'on enlève la planchette obturatrice. Deux écrous noyés dans deux des parois de la chambre obscure permettent de la fixer solidement sur la tablette du pied, soit dans la position verticale, soit dans la position horizontale.

2° La boîte à mercure (*fig.* 6), construite d'après le même principe que la chambre obscure. Elle n'a pas plus de 35 millimètres (1 pouce 3 lignes) d'épaisseur ; cependant, lorsqu'elle

est développée, elle prend les dimensions nécessaires pour recevoir la plaque. On la maintient ouverte au moyen du fond qui se fixe à coulisse et porte la capsule à mercure. Le thermomètre à tige droite est fixé dans une rainure pratiquée sur la face antérieure de la boîte. Les thermomètres coudés de l'ancien appareil étaient très-fragiles et fort difficiles à remplacer, tandis que tout le monde peut construire un thermomètre droit.

3° L'objectif (*fig.* 2, 3, 4). Lorsque la chambre obscure est repliée, elle présente à sa partie postérieure une cavité où se place la boîte qui contient l'objectif et ses accessoires. La première pièce de l'objectif est conique et porte à sa base une lentille achromatique de 8 centimètres (3 pouces) de diamètre. Au sommet du cône, se trouve une seconde lentille de 65 millimètres (2 pouces 5 lignes) de diamètre seulement, au-devant de laquelle est placé le diaphragme. C'est la première combinaison de notre objectif (*fig.* 2).

Pour redresser les images, on adapte au-devant de la lentille antérieure, un prisme rectangle dont l'hypothénuse est étamée (*fig.* 3). Il est très-important que la face antérieure de ce réflecteur soit toujours bien verticale.

Quand on veut faire un portrait, il faut dévisser le verre antérieur du cône et visser à sa place le tube droit qui porte la lentille de rechange; le diaphragme peut être alors complètement supprimé (*fig.* 4). Deux pas de vis sont tracés sur le cône, l'un sert à visser l'objectif à l'extérieur de la chambre obscure, l'autre à le fixer à l'intérieur. Cette disposition était nécessaire, car avec les foyers très-courts, on ne peut approcher suffisamment la glace dépolie de l'objectif, et alors, en le vissant à l'intérieur, on gagne 5 à 6 centimètres (1 pouce 10 lignes à 2 pouces 3 lignes).

Si l'on voulait redresser les portraits, il suffirait de fixer le prisme au-devant de la lentille antérieure.

Dans le cas où l'on ne craindrait pas d'avoir de l'aberration de sphéricité sur les bords de la plaque, on retournerait l'objectif de manière à placer le grand verre en avant. Cette inversion augmente l'intensité de la lumière, et l'on peut ainsi obtenir des portraits avec la plus grande rapidité; mais, il faut le dire, avec beaucoup moins de netteté. Nous ajoutons par fois au photographe, le diaphragme variable excentrique de nos microscopes, construit sur de plus grandes dimensions. Les amateurs, jaloux de posséder un appareil parfait, pourront

employer avec avantage le diaphragme mécanique que nous avons présenté à la Société d'encouragement avec notre nouveau photographe. Pour dilater ou rétrécir l'ouverture, il suffit de tourner un bouton placé sur la face antérieure de l'instrument.

La boîte contient encore : la glace dépolie, la lampe à l'alcool, la fourchette de de Brébisson (*fig.* 8), et tous les produits chimiques parfaitement isolés des différentes pièces de l'appareil.

Lorsqu'on veut faire une excursion et n'emporter que la chambre obscure, des plaques polies et la boîte à iode, tous ces objets se renferment dans un sac en cuir qu'on laisse sur la chambre obscure pendant l'opération et qui ferme tout accès à la lumière. Un rideau noir fixé à la partie postérieure de l'appareil, est destiné à produire une obscurité complète pendant qu'on met au point.

Le trépied n'est pas plus embarrassant à transporter qu'un bâton de voyage. Il se compose : 1° d'une planchette, 2° de trois pieds à double tige.

1° La planchette a 40 centimètres (1 pied 2 pouces 10 lignes) de longueur et 26 centimètres (9 pouces 8 lignes) de large, sa forme est ovale ; à ses deux extrémités se trouvent deux trous qui reçoivent les écrous destinés à fixer la chambre obscure. Cette planchette se meut circulairement sur un axe fixé au centre d'un triangle en cuivre évidé ; sur les trois côtés de ce triangle sont logés trois cylindres en bois, garnis, à leurs deux extrémités, de dés en cuivre percés sur leur circonférence d'une ouverture qui reçoit l'extrémité des pieds. Ces cylindres pivotent librement sur des vis de pression destinées à fixer les pieds dans les ouvertures pratiquées sur les parois des garnitures en forme de dé.

2° Les trois pieds sont formés chacun de deux tiges en bois, minces et articulées à charnière par leurs extrémités inférieures, qui sont en outre garnies de pointes en acier. Les six extrémités supérieures, armées d'un embout en cuivre, se fixent deux à deux dans les trois cylindres de la tablette et sont maintenues en place par les vis de pression. Chaque pied peut donc être écarté à volonté, puisque le cylindre pivote librement sur les vis de pression, et, pourvu que les pointes d'acier soient solidement fixées dans le sol, on peut écarter les pieds autant qu'on voudra, sans qu'il soit besoin de les assujettir autrement. Quand on veut dresser ce support, il

suffit de faire mouvoir un seul pied pour obtenir toutes les inclinaisons désirables. Le mouvement à pivot de la tablette permet de braquer l'instrument dans toutes les directions, et de le fixer invariablement au moyen de l'écrou à oreilles placé en dessous.

Lorsqu'on a terminé les opérations photographiques, on enlève les vis qui maintiennent la chambre noire; et, après avoir desserré les vis de pression qui servent de pivots aux cylindres, on réunit les pieds en un seul faisceau qui est maintenu par une petite courroie. Quant à la planchette, elle se renferme dans le sac en cuir et pourrait au besoin se placer dans la poche.

Tel est le pied qui, au premier abord, peut paraître compliqué, mais qui est réellement d'une simplicité remarquable. Aucun autre instrument de ce genre n'est plus solide ni plus léger.

Nous pensons qu'il sera bientôt généralement employé pour le plus grand nombre des instruments d'optique et surtout pour toutes les opérations que l'on exécute en pleine campagne. Le capitaine Bazill-Hall en fait constamment usage pour dessiner à la chambre claire.

Notre petit appareil pour quart ou demi-plaque n'exige pas une description spéciale. Sa construction diffère peu de celle du daguerréotype de M. Séguier. Nous y avons seulement appliqué le mouvement à crémaillère et notre objectif modifié, de manière à reproduire le portrait ou le paysage, sans pièces de rechange et avec la même netteté.

§ III. COPIE DES GRAVURES ET DESSINS PAR LE SIMPLE CONTACT ET SANS LE SECOURS DE LA CHAMBRE NOIRE.

Ce procédé, qui n'offre aucune difficulté, est infiniment commode dans une foule de circonstances, par exemple, lorsqu'on veut reproduire un dessin ou une gravure, exactement dans les mêmes proportions que l'original. Il peut être assimilé au procédé que les graveurs appellent *décalcage*, et, sous ce rapport, il pourra leur être d'une grande utilité, puisque, sans altérer le modèle, ils auront la facilité de transporter un dessin, une gravure, etc., sur une planche métallique, autant de fois qu'ils le voudront.

Pour arriver à ce résultat, il suffit de se procurer une plaque de doublé d'argent de mêmes dimensions que la gravure à reproduire. Cette plaque sera polie, iodée, brômée, comme

à l'ordinaire. Lorsqu'elle aura reçu la couche sensible, on y appliquera, dans l'obscurité, la gravure que l'on veut copier, de manière à ce que la surface de cette gravure soit en contact avec la couche iodée et brômée de la plaque. On placera alors par-dessus la gravure une feuille de verre bien plane, de dimensions convenables, et destinée à assurer le contact parfait de la gravure avec la plaque, sans néanmoins intercepter l'action lumineuse à laquelle on va soumettre le tout. Ces dispositions prises, on enlèvera en même temps avec les deux mains la plaque, la gravure et la feuille de verre que l'on maintiendra serrées l'une contre l'autre; on les présentera alors à la lumière diffuse, pendant 5 à 15 secondes, suivant l'intensité de l'éclairage. Au soleil, 2 à 5 secondes seraient suffisantes. On reportera alors le tout dans l'obscurité, on enlèvera avec précaution le verre et la gravure, la plaque sera soumise aux vapeurs mercurielles, et si l'on a opéré avec soin, l'image ne tardera pas à paraître. Lorsqu'elle aura pris tout son effet, on pourra la laver et la fixer par les moyens ordinaires.

§ IV. REPRODUCTION GALVANIQUE DES ÉPREUVES DAGUERRIENNES, PAR M. CH. CHEVALIER.

La reproduction galvanique des épreuves daguerriennes est vraiment une des expériences les plus curieuses que l'on puisse faire. Mouler, au moyen du fluide galvanique, un dessin tracé par la lumière, voilà un problème qu'il n'eût pas été prudent de proposer jadis; il est vraiment heureux que MM. Niepce, Daguerre, Spencer et Jacoby n'aient pas fait leurs découvertes quelques siècles plus tôt, heureux du moins pour ces messieurs, car on a trop souvent fait périr dans les flammes des infortunés qui, certes, avaient bien moins de droits au martyre scientifique.

Je ne saurais rendre la surprise que j'éprouvai la première fois que je réussis à reproduire une épreuve photogénée, au moyen du galvanisme! L'idée de cette expérience me vint en cherchant un objet propre à être placé dans l'appareil représenté *fig.* 17, *Pl.* II; ne trouvant ni médaille, ni empreinte, j'imaginai de souder une petite épreuve daguerrienne au conducteur de l'appareil; je croyais vraiment sacrifier l'épreuve et n'obtenir tout au plus qu'une feuille de cuivre bien plane. Le lendemain, en présence de MM. Richoux et de Kramer, je détachai les deux plaques, et nous trouvâmes sur le cuivre une contre-épreuve parfaite de l'original. Ces

détails paraîtront peut-être inutiles, mais j'ai cru devoir les donner, parce qu'on a cherché à me contester la priorité de cette idée, et que tout en l'estimant à sa juste valeur, je ne me trouve pas assez riche en pareille matière, pour me laisser dépouiller sans réclamer justice au tribunal de la publicité.

Dans ma brochure sur le daguerréotype, j'ai décrit l'appareil dont je faisais usage d'après les conseils de M. de Kramer; c'est une pile simple dans laquelle l'objet à reproduire est substitué à la plaque de cuivre ou négative; en un mot, c'est l'appareil de Spencer, simplifié et disposé d'une manière plus commode à l'opération. Aujourd'hui je me sers de préférence de la pile de Daniell et de l'auge à décomposition; cet appareil composé permet de suivre plus commodément les progrès de l'opération et de régler à volonté l'action du fluide; le cuivre que l'on obtient étant plus fin, plus homogène, les épreuves ont plus d'éclat et une finesse de tons remarquable; je décrirai donc ce dernier procédé; les personnes qui voudraient faire usage de l'appareil simple, auront recours à l'ouvrage précité (1).

La *pile de Daniell* est composée : 1° d'un vase de verre ou de porcelaine; 2° d'un cylindre de cuivre que l'on place dans le vase précédent; 3° d'un tube poreux fermé à une de ses extrémités, et que l'on nomme *diaphragme*; 4° d'un bâton de zinc amalgamé, placé dans le diaphragme. Deux tiges de cuivre, portant des vis de pression, sont fixées, l'une au cylindre de cuivre, l'autre au bâton de zinc, et servent à assujettir les conducteurs dont je parlerai bientôt. (*Voyez* la description de cette pile, *pages* 23, 24, 171, 172.)

La *cuve à décomposition* est tout simplement un vase assez grand pour contenir facilement l'objet à reproduire et un anode de cuivre de mêmes dimensions que cet objet. Elle peut être formée de verre, de porcelaine ou de bois revêtu intérieurement d'un mastic imperméable (*pages* 53 et 190).

Lorsqu'on veut reproduire une épreuve, on commence par préparer une solution concentrée de sulfate de cuivre, en versant de l'eau chaude sur une assez grande quantité de cristaux de ce sel, et en agitant le liquide avec une baguette de verre, jusqu'à ce que l'eau ne dissolve plus de sulfate. Il faut environ 2 kilogrammes (4 livres) d'eau chaude pour dissoudre 500 grammes (1 livre) de sel.

(1) *Nouvelles Instructions sur l'usage du Daguerréotype*, etc. Voir aussi M. Smee, Nos 247 à 261.

Quand la solution est préparée, on en remplit le vase extérieur P (*page* 173), de la pile, et l'on verse dans le diaphragme T une solution également saturée de sel commun (1).

Il faut maintenant disposer les conducteurs et l'objet qu'on veut reproduire. Après avoir fixé un fil de cuivre d'environ 1 millimètre (1/2 ligne) de diamètre, à la face postérieure de l'épreuve, on revêt exactement de cire fondue toute cette face et la moitié du fil conducteur; on soude un second fil métallique de longueur et de diamètre égaux à ceux du précédent, à une plaque de cuivre qui doit avoir les mêmes dimensions que l'épreuve photogénée. Au moyen des deux vis de pression *vv'* de la figure *page* 173, on fixe le conducteur de l'épreuve au bâton de zinc, et celui de l'anode au cylindre de cuivre; mais il faut surtout disposer les fils métalliques de manière que les deux plaques soient exactement en regard l'une de l'autre et bien parallèles. Les nouveaux conducteurs à vis de pression que j'ai fait construire, permettent de placer convenablement les plaques, sans qu'il soit nécessaire de tordre les conducteurs, dont l'élasticité est souvent un obstacle assez difficile à surmonter.

Lorsque les plaques sont fixées dans la position qu'elles doivent occuper, on retire du diaphragme le bâton de zinc, et après avoir rempli l'auge à décomposition O, *page* 173, de solution de sulfate de cuivre, on y plonge la plaque de cuivre, puis on replace le bâton de zinc dans le diaphragme, et l'épreuve daguerrienne dans l'auge, absolument dans la position qu'elle occupait vis-à-vis de l'autre plaque.

Le courant électrique s'établit aussitôt; en un instant, toute la surface de l'épreuve est couverte d'un voile de cuivre d'un rose orangé brillant.

Après vingt-quatre heures de séjour dans l'appareil, l'épreuve est ordinairement revêtue d'une feuille de cuivre assez épaisse pour qu'on puisse la détacher sans crainte; néanmoins cette opération exige certaines précautions.

Quand on juge que le cuivre est assez épais, on retire l'épreuve de l'appareil, on la lave à grande eau sous le robinet d'une fontaine, et on la sèche exactement dans un linge fin ou dans plusieurs doubles de papier brouillard. Il faut ensuite couper, avec de bons ciseaux, les quatre bords du métal, puis

(1) On peut employer l'eau acidulée par l'acide sulfurique, mais je préfère l'eau salée, dont l'action moins énergique donne de meilleurs résultats; les commençants surtout doivent éviter l'emploi de l'acide.

introduire entre les deux plaques une lame de couteau, et exercer en différents points de légères pesées, de manière à détacher la copie de l'original. Quand cette opération est exécutée avec soin et que la séparation a lieu sans accident, on obtient non-seulement une copie parfaite, mais encore l'original peut être reproduit de nouveau et donner une épreuve tout aussi belle que la première.

Si l'on craignait d'endommager l'épreuve en la coupant, on pourrait l'éviter de la manière suivante : j'ai recommandé de revêtir la face postérieure de la plaque daguerrienne, d'une couche de cire fondue ; il est facile de former, sur le bord de la face opposée, un petit filet ou cordon de matière grasse, qui s'opposera au dépôt du cuivre, de manière qu'il suffira de détruire ce filet et de glisser la lame de couteau sous la copie pour la détacher de l'original avec la plus grande facilité.

Il ne faut pas tarder à mettre la copie galvanique sous verre, sans quoi le cuivre s'oxyderait, et l'épreuve perdrait tout son éclat.

Je vais maintenant indiquer quelques précautions qu'il faut prendre pour réussir ; je signalerai en même temps les causes d'insuccès et les moyens d'y obvier.

1° La solution de sulfate de cuivre doit être employée à l'état de pureté dans l'auge à décomposition ; quand on aura acquis l'habitude des expériences galvaniques, on pourra ajouter au liquide des substances qui augmenteront sa conductibilité ; mais, en commençant, je le répète, il faut employer la solution pure. Il n'en est pas de même de celle que contient la pile de Daniell, parce qu'on n'y plonge pas les objets à reproduire, et que, par conséquent, on ne craint pas de les voir attaqués par des acides. Ce liquide est d'ailleurs destiné à exciter l'action électrique et à servir de conducteur au fluide ; donc, comme il est nécessaire, dans certains cas, d'exciter la batterie avec énergie, et que toujours il faut faciliter la transmission du fluide galvanique, on peut ajouter, à la solution de sulfate, environ un tiers de son volume d'acide sulfurique étendu d'eau suivant une proportion de huit parties d'eau pour une partie d'acide.

On filtrera avec soin la solution de sulfate avant de la verser dans l'auge à décomposition, car les parcelles de matière étrangère qui flottent dans le liquide, pourraient se déposer sur l'épreuve et altérer la pureté de la copie.

On n'a pas besoin de prendre les mêmes précautions pour l'eau salée. La solution de la pile doit être maintenue à l'état de saturation; il faut donc jeter de temps en temps quelques cristaux dans le fond du vase et en placer sur une petite tablette circulaire disposée dans ce but à la partie interne et supérieure du cylindre de cuivre.

2° Chaque fois qu'on a terminé une épreuve, il ne faut pas oublier de vider le diaphragme et de le plonger dans l'eau, où on le laissera séjourner jusqu'à ce que tous les sels qui ont pu le pénétrer soient complètement dissous. Si quelques végétations de cuivre s'étaient formées à la partie inférieure du tube poreux, on les en détacherait avec soin.

3° Voici la manière d'amalgamer le zinc. Mettez quelques globules de mercure dans un petit vase, ajoutez-y un peu d'eau et d'acide sulfurique, et après avoir agité ce mélange avec une baguette de verre, trempez-y une brosse avec laquelle vous frotterez fortement le bâton de zinc. Quelques parcelles de mercure enlevées par la brosse s'amalgameront bientôt avec le zinc qu'il suffira de frotter jusqu'à ce que toute sa superficie soit bien brillante. On le lavera exactement dès que l'expérience sera terminée, et souvent il ne sera pas nécessaire de l'amalgamer de nouveau pour une autre opération.

4° Quelquefois on remplace la cire fondue par un vernis composé de cire à cacheter ou de gomme laque dissoute dans de l'alcool; il faut alors avoir soin que le vernis soit bien épais et en revêtir exactement toutes les parties que l'on veut mettre à l'abri du dépôt de cuivre.

5° On ne saurait veiller avec trop d'attention à ce que les conducteurs et les vis de pression soient toujours parfaitement propres; la moindre oxydation, ou la présence d'une couche de corps gras, suffirait pour entraver l'opération. Je recommande également de serrer avec force les vis de pression, parce que plus le contact métallique est intime, mieux s'opère la transmission du fluide.

6° Quelques lecteurs pourraient peut-être se rappeler difficilement la disposition respective de la plaque de cuivre et de l'épreuve; l'incertitude à cet égard sera impossible lorsqu'ils sauront que *toujours* l'objet à reproduire doit être fixé au zinc, et la plaque de cuivre au cuivre de la batterie. Cette plaque est destinée à remplacer le cuivre de la solution continuellement appauvrie par suite du dépôt métallique qui s'effectue sur l'épreuve daguerrienne; elle s'usera donc, et il faudra la remplacer aussitôt.

7° Il est indispensable de se conformer scrupuleusement aux conseils que j'ai donnés en parlant de la disposition des plaques. Si l'on intervertissait l'ordre indiqué, si l'on plongeait dans le sulfate l'épreuve avant la plaque de cuivre, il est presque certain que l'on manquerait l'opération.

J'ai recommandé de placer les deux plaques à environ 2 centimètres (9 lignes) l'une de l'autre, mais il vaut mieux les placer d'abord à 4 centimètres (1 pouce 1/2), et ne les rapprocher que lorsque le premier dépôt de cuivre sera effectué. On obtiendra aussi un métal plus fin, d'un ton plus éclatant, et l'épreuve sera beaucoup plus belle.

8° Aussitôt que le cuivre est déposé sur toute la surface de l'épreuve daguerrienne, on peut la retirer sans danger pour suivre les progrès de l'opération, ou enlever avec un pinceau doux les corps étrangers qui se seraient attachés à sa surface.

9° Parfois, en détachant les deux plaques, on éprouve une certaine résistance, et quand la séparation est effectuée, on trouve une partie de l'argent adhérent au cuivre déposé. Cet accident survient ordinairement lorsqu'on opère sur une épreuve que l'on a fortement chauffée pour la fixer au moyen du chlorure d'or. Dans ce cas, l'original et la copie sont tous deux perdus, et l'on ne connaît malheureusement aucun moyen d'empêcher ce fâcheux résultat; néanmoins, on peut espérer de l'éviter en opérant lentement, avec un liquide bien pur et auquel on n'aura pas ajouté d'acide. On provoquerait au contraire cette terminaison si l'on plongeait dans le sulfate la plaque échauffée, soit par l'effet d'une soudure, soit par l'application de la cire fondue. Règle générale : on doit laisser refroidir l'épreuve avant de la placer dans l'appareil. (*Voir* M. Smee, N°s 125 à 130.)

§ V. DORURE PAR LA PILE DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES.

Les épreuves daguerriennes peuvent être dorées à l'aide des nombreux moyens de dorure électro-chimique qui ont été indiqués dans le Traité de Galvanoplastie qui précède. Mais, pour obtenir un bon effet, il faut que la couche d'or déposé soit infiniment mince. On retirera donc la plaque après une immersion de quelques secondes; elle sera ensuite lavée et séchée par les moyens indiqués plus haut (N°s 85 à 96).

§ VI. DE LA GRAVURE PHOTOGRAPHIQUE. — PROCÉDÉ DE M. FIZEAU.

On se rappelle sans doute que M. H. Fizeau s'occupe depuis longtemps des moyens de transformer les images photographiques en planches gravées ordinaires, propres à être soumises à l'impression, afin d'en tirer ainsi un grand nombre de copies. Ce savant a même déjà adressé, depuis 1842, à l'Académie des sciences, des dessins photographiques remarquables, fruits de ses premiers essais, et une note où il indiquait sommairement l'ensemble des procédés qu'il avait mis en usage pour les obtenir. Depuis cette époque, M. Fizeau a perfectionné ses moyens d'exécution. Nous allons rapporter ici les renseignements qui sont venus à notre connaissance sur le mode d'opérer qu'il suit actuellement dans ses procédés de gravure photographique.

Rappelons d'abord que le procédé est basé sur les faits suivants dont on doit la connaissance à M. Fizeau.

1. Un acide mixte composé d'eau, d'acide nitrique, de nitrate de potasse et de sel commun en certaines proportions, étant versé sur une image daguerrienne, attaque l'argent pur, en formant un chlorure de ce métal, et n'affecte pas les parties blanches produites par le mercure, mais son action n'est pas de longue durée. Alors, par un traitement avec l'ammoniaque (de l'ammoniaque contenant déjà du chlorure d'argent en solution est préférable pour cette opération), le chlorure d'argent est dissous et enlevé par des lavages, et le métal se trouvant de nouveau à l'état nu, ou délivré de chlorure, on peut l'attaquer ainsi plusieurs fois de suite avec le même acide. Cet acide agit mieux à chaud qu'à froid.

2. Comme toutes les surfaces métalliques se recouvrent promptement, quand elles sont exposées à l'air libre, de matières grasses ou résineuses, il est nécessaire, pour que l'action de l'acide sur l'argent pur ait son plein et entier effet, que la surface soit entièrement purifiée; ce qui s'opère par l'emploi de l'alcool et de la potasse caustique.

3. Lorsqu'une image photographique est soumise à l'action d'une solution concentrée bouillante de potasse caustique, avant d'être attaquée par l'acide, l'état de la surface se trouve modifié de telle façon que l'acide épargne ou réserve, dans les parties qu'il attaque, un grand nombre de points qui forment le grain de la gravure.

4. Quand l'effet de l'acide n'est pas suffisant, ou, en d'autres termes, s'il n'a pas mordu assez profondément, on augmente l'effet à l'aide du procédé qui suit : on encre la plaque comme les imprimeurs font pour les planches ordinaires, mais avec une encre siccative; lorsque cette encre est suffisamment séchée, on polit les parties blanches de la plaque et on la dore par les procédés électrotypes connus. On lave alors avec la potasse caustique; on mord avec un acide qui n'attaque pas l'or, mais seulement le métal dans les parties qui, ayant été garanties par l'encre, n'ont pas reçu de couche d'or. A l'aide de ces moyens la gravure est complétée, attendu que par l'action de l'acide seul, on ne parvient pas généralement à mordre assez profondément.

5. Pour protéger la plaque contre les effets de l'usure produite par la manœuvre de l'impression, on emploie le procédé suivant : la surface de la plaque est recouverte d'une couche très-mince de cuivre par voie électrotype, avant de soumettre à l'impression, et, lorsque cette couche ou pellicule de cuivre présente elle-même des signes d'usure, on l'enlève en plongeant la plaque dans l'ammoniaque ou un acide faible, qui, par voie électro-chimique, dissout le cuivre sans affecter le métal qui est dessous; alors on cuivre la plaque de nouveau par les mêmes moyens, et, en cet état, elle est propre à donner de nouveaux tirages. Cette couche nouvelle doit ainsi être renouvelée autant de fois que cela est jugé nécessaire.

Voici maintenant la description du procédé entier, qui se divise en deux opérations consistant en une gravure préparatoire et une gravure pour finir.

Gravure préparatoire. Il est nécessaire d'avoir, pour cette opération, qui est très-délicate, 1° une solution saturée de potasse caustique; 2° de l'acide nitrique pur à 38° de l'aréomètre de Baumé (poids spécifique 1,33); 3° une solution de nitrite de potasse composée de 100 parties d'eau et 5 parties de nitrite en poids; 4° une solution de sel commun composée de 100 parties d'eau et 10 parties de sel en poudre; 5° une solution faible de chlorure ammoniacal d'argent, avec excès d'ammoniaque; ce chlorure doit être dissous dans 15 à 20 parties d'eau pure; dans la description du procédé, cette solution sera appelée chlorure ammoniacal d'argent; 6° une solution faible d'ammoniaque renfermant 4 à 5 millièmes d'ammoniaque liquide; cette solution prendra le nom d'eau ammoniacale; 7° une solution faible de potasse caustique, renfer-

mant 4 à 5 millièmes de la solution saturée et qu'on appellera eau alcaline; 8° une solution composée d'eau 4 parties, solution saturée de potasse 2 parties, alcool 1 partie, le tout en volume; cette solution sera désignée sous le nom de potasse alcoolisée; 9° eau acidulée composée d'eau 100 parties, et acide nitrique 2 parties en volume.

Indépendamment de cela, il est nécessaire d'avoir trois capsules ou assiettes en porcelaine assez grandes pour contenir la plaque et recouvertes avec une plaque de verre dépoli, de manière à ce que l'air ne puisse y entrer, et deux ou trois autres capsules qui n'ont pas besoin d'être couvertes; deux ou trois entonnoirs en verre pour laver la plaque, et deux ou trois pinces en verre sous la forme d'une cuiller ou de pelle pour tenir la plaque quand on la plonge dans les solutions, ou qu'on l'en retire, afin de ne pas y toucher avec les doigts.

La plaque photographique est soumise au procédé de gravure après avoir été lavée à l'hyposulfite de soude, puis ensuite à l'eau pure.

Premier procédé pour mordre sur la plaque. Il faut mettre les solutions suivantes dans des capsules en quantités suffisantes pour couvrir la plaque : 1° eau acidulée; 2° eau alcaline; 3° potasse alcaline dans les capsules couvertes; 4° potasse caustique dans une capsule couverte; eau distillée.

La plaque ayant été saisie avec les pinces en verre est plongée dans l'eau acidulée et agitée pendant quelques secondes, puis introduite dans un entonnoir en verre où on la lave à l'eau distillée; on la reprend avec les pinces et on la plonge dans la capsule qui contient la potasse alcoolisée. Cette capsule est alors couverte d'une plaque de verre, puis chauffée à l'aide d'une lampe à esprit-de-vin jusqu'à environ 60° C. La plaque doit rester dans la capsule une demi-heure, pendant laquelle la solution est chauffée de temps à autre et agitée. Durant ce temps, on prépare la solution acide suivante, qu'on appellera *acide normal*, et qu'on compose ainsi qu'il suit : eau 600 parties, acide nitrique 45 parties; ces proportions sont en volume. L'acide normal doit être versé dans une capsule recouverte d'une plaque de verre, et une quantité suffisante doit être réservée dans le flacon.

Quand la plaque a été immergée dans la potasse alcoolisée pendant une demi-heure, on la retire de la solution à l'aide des pinces en verre, on la plonge immédiatement dans l'eau

alcaline, et on agite assez vivement; de là elle est portée dans l'eau distillée (A).

Cela fait, la plaque est plongée dans l'eau acidulée, où on l'agite pendant quelques secondes: alors on la met dans l'acide normal, et lorsque la plaque a été immergée quelques secondes dans cet acide, on l'enlève avec les pinces, en ayant soin qu'elle soit couverte autant que possible avec la solution, et on la place immédiatement en position horizontale sur un support, puis on verse dessus autant d'acide normal du flacon que la plaque peut en recevoir; on chauffe alors avec la lampe à esprit-de-vin, mais sans atteindre le point d'ébullition. Pendant cette opération, il convient d'agiter l'acide sur la plaque en le pompant et le seringuant de nouveau à l'aide d'une pipette ou d'une seringue en verre. Après deux à trois minutes, on enlève l'acide, la plaque est mise dans un entonnoir en verre et lavée soigneusement d'abord, à l'eau ordinaire, puis ensuite à l'eau distillée (B).

Alors, sans laisser la plaque sécher, on la place sur les doigts relevés de la main gauche, puis on verse dessus avec la main droite un peu de chlorure ammoniacal d'argent qu'on promène sur toute la surface en balançant la main. La solution est renouvelée jusqu'à ce que le chlorure formé par l'action de l'acide soit dissous; la plaque est alors lavée en y versant une grande quantité de liqueur ammoniacale, puis après un peu d'eau distillée (C).

Avant que la plaque sèche, on la met dans la potasse caustique, et la capsule étant placée sur un support, la potasse est chauffée jusqu'au point d'ébullition; alors on laisse refroidir (D), et recommençant l'opération de nouveau de A à D, on obtient une seconde morsure; puis réitérant les opérations A et B, une troisième morsure. La plaque est alors séchée, et dans cet état les parties noires sont remplies des chlorures d'argent.

La plaque est alors polie jusqu'à ce que les parties blanches soient parfaitement pures et brillantes; ce polissage se fait avec du coton et de la ponce; ensuite le chlorure d'argent qui remplit les parties noires est nettoyé par les moyens décrits en B et C. La plaque est séchée, mais auparavant il convient de la frotter légèrement avec le doigt afin d'enlever des parties noires jusqu'aux moindres traces de corps insoluble qui pourrait généralement y adhérer. La gravure préparatoire

ainsi terminée, la plaque a l'appareuce d'une aqua-tinte très-délicate et très-peu creuse.

Néanmoins, si l'opération a été bien conduite et a réussi, elle est suffisamment approfondie pour permettre l'impression d'un nombre considérable de copies.

Quelquefois, au lieu de traiter la plaque avec la potasse bouillante dans la capsule, on peut obtenir le même résultat en plaçant la plaque sur le support, la couvrant avec la solution et chauffant avec la lampe à esprit-de-vin, jusqu'à ce que la potasse, par l'évaporation, passe à l'état de fusion ignée. Par ce moyen le grain est plus fin, mais les parties blanches ne se laissent plus attaquer.

Fini ou dernière morsure. Cette dernière opération exige les mêmes réactifs que ceux ci-dessus indiqués, et de plus :

1° Une encre siccative, faite avec de l'huile de lin rendue très-siccative en la faisant bouillir suffisamment avec de la litharge; on peut l'épaissir avec du noir de lampe calciné;

2° Un appareil électrotype et quelques solutions pour dorer et cuivrer la plaque.

Mode d'opérer. La plaque doit être encrée de même qu'on le fait pour les planches d'imprimerie, en ayant soin de nettoyer les parties blanches avec plus de soin qu'à l'ordinaire. On la place alors dans une chambre suffisamment chaude, jusqu'à ce que l'encre soit desséchée, ce qui exige plus ou moins de temps, suivant la nature de l'huile qu'on aura employée. On peut hâter la dessiccation de l'huile en chauffant la plaque posée sur le support avec la lampe, mais la dessiccation lente est le procédé le plus sûr et le plus parfait.

Lorsque l'encre est bien sèche, on nettoie de nouveau les parties blanches en polissant la plaque avec du coton et de la ponce, ou autre corps pulvérulent à polir. Un tampon de coton ou autre matière, recouvert avec un morceau mince de caoutchouc ou de peau, est très-propre à cet objet. Quand la plaque est polie, elle est prête à recevoir la couche électrochimique d'or qui doit en protéger les parties blanches.

Dorage. Le dorage s'obtient par l'un des moyens électrotypiques si variés qu'on connaît aujourd'hui. La seule condition indispensable est que la surface obtenue par la précipitation ne soit pas sujette à être attaquée par aucun acide faible. Une solution qui remplit bien cette condition, est celle qu'on prépare avec 10 parties en poids de ferro-cyanure de potassium, 1 partie de chlorure d'or et 1000 parties d'eau, qu'on emploie

avec une batterie galvanique. Pendant le dorage, il faut placer la plaque dans des positions variées, afin de régulariser le dépôt du métal. Dans quelques cas, le dorage peut être rendu plus parfait, en recouvrant la plaque avec une couche mince de mercure avant de plonger dans la solution d'or.

Lorsque la plaque est dorée, il faut la traiter avec la potasse caustique bouillante, à l'aide du procédé déjà indiqué pour la gravure préparatoire, afin de la débarrasser de toute l'huile ou encre desséchée qui remplit les traits ou cavités. Après cela, on lave, sèche, et lorsque l'huile employée a été épaissie avec du noir de lampe, la surface de la plaque est frottée avec de la mie de pain, afin de la nettoyer et d'enlever tout le noir restant; alors les parties blanches étant couvertes et protégées par un vernis non sujet à être attaqué, et celles noires se trouvant découvertes et propres, on peut faire mordre à l'eau-forte sur la planche à la manière ordinaire des graveurs.

Cette opération s'exécute sur le support, et non pas en immergeant la plaque dans la solution.

Avant d'opérer cette dernière morsure, si la gravure préparatoire n'avait pas bien réussi, et que la plaque n'eût pas encore acquis le grain nécessaire, on pourrait le lui donner à l'aide des divers procédés employés dans la gravure à l'aquatinte.

Avant de soumettre la planche à l'impression, il est nécessaire, ainsi qu'il a été dit précédemment, pour assurer le tirage d'un nombre illimité de copies, de la protéger par une légère couche de cuivre qu'on y dépose par voie électrochimique. Autrement l'impression userait promptement la plaque. Cette couche doit être extrêmement mince, pour ne pas détruire le fini de la gravure et le poli des parties blanches. En cet état cette planche peut être remise à l'imprimeur.

Après qu'on a obtenu un certain nombre de copies, on s'apercevra que la couche de cuivre est enlevée dans certains points; dans ce cas, il faudra la renouveler et en appliquer une autre. A cet effet, la plaque doit être purifiée et nettoyée avec la potasse chaude, et plongée dans un acide faible composé ainsi qu'il suit : eau, 600 parties; acide nitrique, 50 parties; acide nitreux des graveurs, 5 parties; le tout en volume. Cet acide dissoudra la couche de cuivre, et la plaque étant cuivrée de nouveau par le moyen indiqué ci-dessus, on

pourra la soumettre une seconde fois à l'opération de l'impression; et, comme rien ne s'oppose au succès de la répétition de la même opération, on conçoit qu'on pourra ainsi obtenir un nombre de copies tout-à-fait illimité. La couche de cuivre peut aussi être enlevée à l'aide de l'ammoniaque caustique.

La plaque photographique gravée par ce procédé peut également être reproduite et multipliée par voie électrotype, de même qu'une planche gravée ordinaire.

§ VII. APPLICATION DE LA PHOTOGRAPHIE AUX INSTRUMENTS AUTRES QUE LA CHAMBRE NOIRE.

La photographie, accueillie avec enthousiasme à son origine par les savants, les artistes et les amateurs les plus éminents de tous les pays, semblait, sous un si noble patronage, ne devoir jamais déchoir du rang élevé qu'elle avait su conquérir de prime abord dans les arts. Mais la spéculation était à l'affût de la nouvelle découverte, elle ne tarda pas à s'en emparer, à l'exploiter à son profit, et peu s'en est fallu que la merveilleuse invention de M. Daguerre, compromise entre des mains mercenaires et inintelligentes, ne fût pour ainsi dire étouffée dans son germe. Constructeurs, expérimentateurs, tout semblait conspirer contre elle; et si l'on doit s'étonner d'une chose, c'est qu'elle ait survécu, c'est qu'elle ait continué d'étendre ses progrès, en dépit du daguerréotype à 40 fr., et du portrait à 40 sous; en dépit des mystères et du charlatanisme dont on a cherché à l'entourer.

Mais, si la photographie est sortie victorieuse de ces rudes épreuves, il n'en est pas moins resté certaines préventions vulgaires, certaines opinions populaires erronées, encore aujourd'hui trop accréditées contre elle.

Ainsi, quelques-uns n'ont voulu voir dans le daguerréotype qu'un instrument fort ingénieux sans doute, mais possédant toutes les qualités et tous les défauts d'une machine; c'est-à-dire, opérant avec une précision et une régularité si rigoureuses, qu'elles semblent exclure tout sentiment artistique. Il suffit de jeter un coup-d'œil sur les produits de nature si différente exposés chaque jour aux regards du public, pour se convaincre que le photographe n'est point un simple mécanisme, obéissant aveuglément à la volonté du premier venu; mais que, pour produire ses plus beaux effets, il a besoin d'être dirigé par une intelligence persévérante, et aidé des notions scientifiques qui sont indispensables à tout photographiste.

D'autres personnes, tout en admirant les inimitables tableaux produits par la photographie, l'ont cependant considérée comme un art de pur agrément, bon tout au plus à occuper les loisirs de quelques riches désœuvrés; mais dépourvu d'applications utiles, et sans aucune valeur pour le progrès de la science.

Il est temps que la photographie reprenne enfin le rang qu'elle aurait toujours dû occuper. Elle ne se borne pas, comme on le croit encore généralement, à la reproduction des paysages et des portraits, et nous pourrons facilement démontrer que ses applications à la science sont aussi nombreuses qu'intéressantes; en un mot, si l'on ne peut pas tout-à-fait lui appliquer le nom de science, c'est cependant quelque chose de plus qu'un art.

Il y a déjà longtemps que M. Arago a exprimé l'espoir de voir le daguerréotype devenir le meilleur photomètre. Cet important problème sera résolu le jour où on sera parvenu à donner aux plaques daguerriennes une sensibilité toujours identique. Mais, sans nous occuper de ce résultat encore hypothétique, la photographie a déjà réalisé plusieurs applications qui, dès aujourd'hui, viennent en aide à la science.

Dès l'année 1839, quelques mois avant la publication de la découverte annoncée de MM. Niepce et Daguerre, M. Ch. Chevalier avait déjà pressenti tout le parti qu'on pourrait en tirer un jour, en l'appliquant aux instruments amplifiants. On lit en effet le passage suivant dans le *Manuel du Micrographe* (1), page 79:

« Une ère nouvelle semble s'ouvrir pour ce curieux instru-
» ment (le microscope solaire et le mégascope); MM. Da-
» guerre et Niepce ont reculé les limites de la physique;
» leur découverte admirable va rendre l'existence à plus d'un
» appareil. Il faut des satellites à cet astre naissant, et bien-
» tôt, sans doute, nous verrons ces instruments sortir de
» l'obscurité où ils végétaient, pour venir *protéger la gloire*
» reservée à l'œuvre nouvelle.

» *Le microscope solaire* ne sera pas des derniers, et déjà
» M. Talbot a fait pressentir les résultats qu'on peut at-
» tendre d'une pareille association. Il faut espérer que cette
» merveilleuse production de l'esprit humain sera, sous peu,
» livrée à l'avidité du public. »

(1) *Manuel du Micrographe*, par Ch. Chevalier, in-8o, Paris, 1839, chez l'Auteur, Palais-Royal, 163, et chez Roret, 10 bis, rue Hautefeuille. Paris.

Une année plus tard, le microscope solaire avait déjà fait ses preuves entre les mains de feu Vincent Chevalier, et cet habile opticien soumettait aux regards de la Société d'encouragement des reproductions daguerriennes obtenues à l'aide de cet appareil.

Dans les *Mélanges photographiques* publiés l'année dernière par M. Ch. Chevalier (1), l'auteur insiste de nouveau sur les applications de la photographie à un grand nombre d'instruments d'optique :

« On ne se contentera plus, dit-il, d'employer l'admirable découverte de MM. Niepce et Daguerre à reproduire des vues, des monuments, à faire des portraits de petites dimensions; l'histoire naturelle s'en servira comme d'un puissant auxiliaire; les beaux-arts emprunteront son secours; les graveurs n'auront plus besoin d'avoir recours au calque pour copier des gravures, car, en augmentant les proportions de l'appareil, ils ne seront pas arrêtés par les dimensions des modèles, et forceront en quelque sorte l'original à se calquer de lui-même; le peintre, qui regrette parfois de se séparer de l'œuvre à laquelle il a donné tant de soins, de temps, je dirai même tant d'amour, et tout cela pour la voir passer en des mains étrangères, le peintre pourra conserver des copies fidèles de ses travaux, et se former une galerie de souvenirs en moins de temps qu'il ne lui en a fallu pour concevoir et mûrir l'idée première d'un seul de ses tableaux. Tout le monde pourra réunir une belle collection de tableaux rares, de gravures curieuses, d'objets d'art, de précieux autographes, etc., etc. Plusieurs amateurs, parmi lesquels je citerai particulièrement MM. Middletton et Mailand, ont déjà reproduit, sous leurs véritables dimensions, des gravures, des tableaux précieux, et l'on se rappelle peut-être que j'ai annoncé, dans ma première brochure sur le daguerréotype, la possibilité de faire des portraits de grandeur naturelle. Je n'en finirais pas si je voulais énumérer tous les services que la photographie est appelée à rendre aux sciences et aux arts. »

Enfin, tout récemment MM. Donné et Foucault ont reproduit des images daguerriennes à l'aide d'un microscope solaire construit par M. Ch. Chevalier, et ils viennent de publier un magnifique atlas d'objets microscopiques gravés d'après les images obtenues au moyen de cet instrument.

(1) *Mélanges photographiques*, par M. Ch. Chevalier, in-8o. Paris, 1839, chez l'Auteur, Palais-Royal, 163, et chez Roret, 10 bis, rue Hautefeuille, Paris.

Le mégascope présenterait à la photographie une série d'applications encore plus utiles et plus variées. Ainsi, l'on pourrait agrandir 2, 3, 5, 10, 50 fois et plus des objets d'assez grande dimension, tels que : coquillages, minéraux, fossiles, plantes, gravures, etc. On pourrait même, lorsqu'on n'aura qu'une épreuve sur sixième de plaque, l'amplifier au point d'en obtenir la reproduction sur une très-grande plaque. Quels services n'est-on pas alors en droit d'attendre de la photographie, lorsque les effets optiques seront appliqués d'une manière intelligente, et lorsque la gravure photographique de M. Fizeau aura atteint le point de perfection auquel elle doit nécessairement arriver. L'avenir d'une pareille découverte est incalculable, et l'on ne peut payer un trop large tribut d'admiration à ses inventeurs!

FIN DE LA DAGUERRÉOTYPIE.

DESCRIPTION DES FIGURES
DE LA GALVANOPLASTIE.

Fig. 1. Elle représente la forme la plus simple d'appareil à une seule cellule. Il consiste en un vase extérieur qui contient une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et quelques cristaux non dissous de ce sel, suspendus à la partie supérieure de la dissolution ; on y introduit la médaille qu'on veut cuivrer. Le vase intérieur représenté ici est construit en argile poreuse, et contient l'acide étendu, ainsi que la tige de zinc qu'on voit réunie à la médaille par un fil métallique. On peut substituer à ce vase intérieur un tube de verre très-effilé à son extrémité, ou tout autre appareil construit en substance poreuse, et approprié aux circonstances (108), (110), (114), et *page* 186.

Fig. 2. Autre variété d'appareil simple. Il consiste en une caisse carrée contenant du sulfate de cuivre et le vase de verre intérieur dont l'orifice est fermé par une membrane de vessie. C'est dans ce dernier qu'on introduit l'acide et le zinc. Cette variété d'appareil doit être choisie par ceux qui préfèrent l'appareil à une seule cellule, car toutes les parties de l'appareil sont convenablement disposées pour remplir leurs fonctions respectives.

Fig. 3. La batterie qui est représentée ici (A) consiste en un fragment d'argent platiné placé dans le centre, et auquel est unie une vis qui permet au fil métallique (*s*) de communiquer avec le pôle positif de l'appareil à décomposition. Ce pôle est formé d'une feuille de cuivre qui doit être dissoute pendant l'opération. Le zinc est en deux fragments qui sont unis l'un à l'autre à l'aide d'une vis qui leur permet de communiquer au moyen d'un second fil métallique (*z*) avec le pôle négatif (*n*), c'est-à-dire avec la plaque qu'on veut fabriquer. L'auge à précipiter (B) est un vase plat ayant la forme d'un parallélipipède, il contient à sa partie supérieure deux fragments de métal qui permettent de fixer les fils métalliques et les pôles. L'appareil à une seule batterie est applicable à l'argent et aux autres métaux qui ont une plus grande affinité pour l'oxygène (117), (120).

Fig. 4. Appareil semblable à celui qui vient d'être décrit, avec cette différence que l'auge à précipiter est horizontale. Cette variété d'appareil doit être préférée quand on veut que le dépôt se forme avec une grande rapidité. La plaque métallique ou l'objet à copier est disposé au fond de l'auge et doit être mis en communication avec le zinc de la batterie à l'aide du fil métallique, tandis que le fragment de cuivre est placé à 1 ou 2 centimètres (5 ou 9 lignes) au-dessus de l'objet à copier, et communique avec le zinc de la batterie.

Fig. 5. Cette figure représente l'appareil de Mason, à l'aide duquel un équivalent de zinc réduit deux équivalents de cuivre. (A) n'est autre chose qu'une cellule simple, semblable en tout à la fig. 1, avec cette modification, cependant, que le zinc, au lieu d'être uni à la médaille dans la dissolution de sulfate de cuivre, communique, au moyen d'un fil métallique, avec la médaille placée dans une dissolution de sulfate de cuivre contenue dans l'auge à précipiter (B). La médaille, placée dans le premier vase (A), communique avec un fragment de feuille de cuivre placé dans l'auge à précipiter (B). Ce fragment devient pôle positif à l'égard de la seconde cellule, ce qui complète la série. Le courant électrique se dirige ainsi du zinc (en A) à la médaille (en B), où le métal de la dissolution se réduit; un poids égal de la plaque de cuivre est alors dissous, et le courant électrique rétrograde vers la médaille contenue dans le premier vase (A); là, il réduit le cuivre du sulfate de cette base, et le circuit est complété (121).

Fig. 6. Cette figure indique la manière de disposer un certain nombre de médailles. La batterie (A) est semblable à celles déjà décrites (fig. 3 et 4). L'auge à précipiter (B) est identique à celle indiquée dans la fig. 1. On voit que les médailles sont unies à la vis du zinc de la batterie, tandis que le fragment de cuivre à dissoudre est uni à l'argent platiné. Cette forme d'appareil est très-propre à préparer en une seule fois plusieurs médailles de toutes grandeurs. A la partie supérieure de l'auge à précipiter se trouve une tige transversale qui est unie au zinc de la batterie; sur cette tige ou barre, on fixe les fils métalliques

qui soutiennent chaque médaille. On peut ainsi les enlever séparément pour les examiner.

Fig. 7. Appareil à batterie composée. La batterie (A) est une auge ordinaire en porcelaine, à plusieurs cellules ou compartiments. Elle contient une batterie composée en argent platiné; le nombre de cellules peut s'élever de 3 à 12, suivant les cas. Un fil métallique uni à l'argent de la batterie est mis en communication avec un fil délié de platine; l'opérateur règle la quantité du fluide électrique d'après la profondeur à laquelle le fil est plongé dans la dissolution. (z) est un fil métallique qui communique avec le zinc de la batterie, et qu'on unit à la plaque négative (115, 116). L'auge à précipiter (B) est un vase qu'on a pour but de dorer; cet appareil est indispensable pour les métaux qui exigent un pôle positif en platine; on doit donc l'employer pour la réduction de l'or, du platine, du palladium du nickel, etc.

Fig. 8. Pile de Daniell (*Voir* aussi dans l'ouvrage *page* 173).

Fig. 9. Pile à courant presque constant, généralement employée à Paris.

Fig. 10. Pile de Grove.

Fig. 11. Pile à courant constant avec un seul liquide conducteur.

Fig. 12 et 13. Pile employée au Muséum à Paris.

Ces cinq dernières piles sont décrites dans la première partie de l'Appendice.

Fig. 14. Pile galvanique à courant constant, employée par Lentz et Jacoby.

Fig. 15 et 16. Pile de M. Sorel.

Ces deux piles sont également décrites dans l'Appendice, première partie.

Fig. 17. Appareil propre à reproduire par la galvanoplastie les planches du daguerréotype. (R) récipient. (Z) plaque de zinc à laquelle est soudé le conducteur (C'). (M) manchon en verre. (P) épreuve photogénée ou médaille. (F) conducteur en fer à cheval, soudé au dos de la plaque. (C) second conducteur soudé au fer à cheval, et qui vient plonger avec le conducteur (C') dans le vase *m* rempli de mercure. (TT) tube ou lame de verre qui passe sous le fer à cheval et maintient la plaque au milieu du liquide.

Les autres figures, insérées dans le texte, ont été décrites aux endroits de leur insertion.

EXPLICATION DES FIGURES
DE LA DAGUERRÉOTYPIE.

PLANCHE I.

Fig. 1re. La chambre obscure fixée sur son pied au moyen de deux boutons à vis dont l'un est représenté en *b*.

C, C, C, C', C', C', charnières des brisures latérales de la boîte. En C', C', C', les charnières sont placées à l'intérieur.

B, bouton du pignon qui fait mouvoir le tirage, et que l'on fixe au moyen de la clef d'arrêt *c*, fig. 1 *bis*.

A, cavité dans laquelle glisse le tiroir de la chambre obscure. Lorsque l'instrument est fermé comme on le voit dans la fig. 1 *bis*, il reste encore une partie de cette cavité dans laquelle on loge un casier qui contient toutes les pièces de l'objectif.

O, tube de l'objectif.

P, prisme redresseur muni de son obturateur représenté ouvert en F.

P, P, P, pied à six branches. Les branches sont articulées à la partie inférieure au moyen des charnières *c*, *c*, *c*, et fixées au triangle par des vis de pression.

Fig. 1 *bis*. A, chambre obscure repliée, vue de profil et de champ. Dans la seconde figure, B représente le bouton, et C la clef d'arrêt. A la partie postérieure de la boîte, on voit le casier contenant les pièces de l'objectif; O, cône ou monture de la lentille postérieure; T, grand tube antérieur pour le portrait; T, petit tube antérieur; P, prisme.

Fig. 2, 3 et 4. (Dans les trois figures, les mêmes lettres désignent les mêmes objets.)

L, lentille postérieure, montée sur le tube conique C qui présente à sa partie postérieure deux pas de vis V, *v*, destinés à visser l'objectif en dehors ou à l'intérieur de l'appareil; T, petit tube garni de la petite lentille *b*, et du diaphragme D. Ce tube est vissé sur le cône et reçoit l'obturateur O.

Dans la fig. 3, on a ajouté le prisme P fixé sur un tirage qui permet de le tourner dans tous les sens.

Fig. 4. Disposition des verres pour le portrait. On n'emploie pas le diaphragme.

Fig. 5. Planchette à polir. Elle est aujourd'hui abandonnée (*voyez* le N° 18 de la Daguerréotypie).

p, poignée.

A, tablette.

c, *c* et *c'*, crochet et mâchoires destinés à maintenir la plaque. Le crochet supérieur *c'* est mû par la vis.

Fig. 6. Boîte à mercure développée.

c, *c*, charnières de la brisure.

O, ouverture vitrée à travers laquelle on suit les progrès de l'épreuve.

T, thermomètre droit.

L, lampe à esprit-de-vin.

Fig. 7. Boîte à l'iode. L'iode est disséminé sur le fond F; la plaque, ou plutôt le châssis est soutenu par les tasseaux *t*, *t*.

C, lame de verre sur les deux faces de laquelle on colle deux feuilles de papier ou de carton bristol. Cette tablette remplace avantageusement la planchette de M. Séguier. Pour ioder une plaque, il faut renverser la lame de verre de telle sorte que le papier saturé d'iode soit tourné du côté de la plaque.

Fig. 8 et 8 *bis*. La fig. 8 *bis* représente la plaque P fixée sur la fourchette de de Brébisson, dont les branches sont indiquées en B, B. M est le manche de l'instrument.

Fig. 8. Indique l'inclinaison qu'il faut donner à la plaque, au-dessous de laquelle on promène la lampe L.

Fig. 9. *c*, *c*, *c*, pieds du support sur lequel on pose la plaque P, soit pour la chauffer fortement, soit pour appliquer le chlorure d'or.

Fig. 10. B, bassine; E, égouttoir supporté par son pied P (ancien procédé).

Fig. 11. Daguerréotype Gaudin. AB, tête de l'objectif; *b c d*, diaphragmes variables qu'on amène à volonté devant l'objectif au moyen du bouton *a*. CDH, tube fixé à la tête de l'objectif. GI, autre tube glissant à frottement régulier dans le premier. J, plaque carrée qui s'ouvre et se ferme comme un abattant de secré-

taire ; c'est sur elle que l'on place la plaque. En refermant cet abattant, elle vient s'appliquer contre la plaque carrée du tube intérieur et en regard de l'objectif. (*Voyez* N° 13 de l'ouvrage.)

Fig. 12. Boîte au mercure, à développement, de M. Lerebours ; les planchettes *c d d* sont à coulisses, et servent de pieds à la boîte lorsqu'elles sont tirées ; le ressort *b* empêche ces pieds de se refermer ; *m n*, thermomètre ; *r s*, rideau noir qui sert à masquer la glace *p q*, par laquelle on observe les progrès de l'épreuve ; *e*, position de la plaque dans la boîte ; *u x a x*, glace en verre jaune contre laquelle on applique la lumière pour éclairer l'intérieur de la boîte.

Fig. 13. Daguerréotype Lerebours. *a b*, pièce en cuivre formée de deux tubes et portant l'objectif; *x x y y*, rideau noir qui sert à ouvrir et à fermer l'ouverture *g* ; *d h*, coulisse qui reçoit la glace dépolie et le châssis contenant la plaque ; *c*, vis qui sert à fixer le châssis ; *o s*, planchette à charnière qui sert à recouvrir le châssis.

Fig. 14 et 15. Planchette à polir. *a b*, mentonnets en cuivre, percés d'une petite rainure, dans laquelle on engage les angles de la plaque. La petite presse en bois, *fig.* 15, sert à assujettir la planchette sur une table.

Fig. 16. Support à chlorurer de M. Gaudin, décrit dans l'ouvrage, n°s 92 et 93.

Fig. 17, 18 et 19. Support à chlorurer de M. Ch. Chevalier. On en trouvera la description n° 98.

Fig. 20. Boîte à iode, système Séguier. *a b*, feuille de carton dont les faces s'imprègnent tour à tour des vapeurs de l'iode contenu au fond de cette boîte.

Fig. 21. Perfectionnement à la boîte à iode.

Fig. 22 et 23. Cuvette plate de Lerebours et son couvercle. *b b*, rebords pour soutenir la planchette qui porte la plaque ; *t*, *fig.* 23, indique une ouverture percée dans la glace qui recouvre la cuvette : elle sert à introduire l'eau brômée ; la glace est ensuite poussée de manière à fermer hermétiquement la cuvette.

Fig. 24. Pot au brômure d'iode, de M. Gaudin. *a b* indique la position de la plaque dans le pot.

Fig. 25. Cuvette pour l'eau brômée, de M. Foucault. D,

couvercle en glace; *c c*, vis calantes, servant à mettre la boîte de niveau; T, tube en verre pour introduire l'eau brômée dans la boîte; E, entonnoir qui s'adapte sur le tube T.

Fig. 26. *a*, flacon pour mesurer la dose d'eau brômée; *b*, tube; *c*, entonnoir, vus à part.

PLANCHE II.

Fig. 27 à 34. Daguerréotype à portraits, de M. Buron.

Fig. 27. Chambre noire. *o* indique le couvercle qui sert à masquer l'objectif.

Fig. 28, 29 et 30. Verre dépoli, cadre à coulisse et planchette pour recevoir la plaque.

Fig. 31. Boîte à iode. T, T, tasseaux pour recevoir la planchette, *fig.* 30, où l'on a fixé la plaque; R, poignée du refouloir qui sert à comprimer le coton imprégné d'iode. On fait aujourd'hui cette boîte beaucoup plus plate.

Fig. 32. Boîte au mercure, sous laquelle on voit en A la lampe à esprit-de-vin.

Fig. 33. Boîte à plaques.

Fig. 34. Boîte où l'on renferme toutes les pièces du daguerréotype à portraits, représentées dans les figures 27 à 33.

Fig. 35. Grand appareil portatif de M. Buron, renfermant tous les accessoires. A est la boîte au mercure repliée sur elle-même; l'objectif B se place dans cette boîte sur un tasseau particulier; C, carton qui renferme le coton à polir; D, la boîte aux produits chimiques; F, la boîte à iode; E, les bassines et l'égouttoir emboîtés l'un dans l'autre; G, le gril en fer, pour chauffer les plaques et pour chlorurer; H I, les deux cadres et leur support servant à la chambre obscure. La boîte à plaques, renfermée également dans l'appareil, ne peut être vue dans l'appareil.

Fig. 36. Boîte au mercure de l'appareil précédent. A, cheville de fer qui sert de pivot lorsqu'on veut replier la boîte; B, ouverture circulaire recouverte d'un verre pour examiner les progrès de l'opération.

FIN DE L'EXPLICATION DES FIGURES.

60 561

TABLE DES MATIÈRES
DE LA GALVANOPLASTIE.

Pages.

Avertissement. v

Histoire de l'électro-métallurgie. 1

LIVRE PREMIER.

Du galvanisme. 11

CHAP. Ier. Des batteries galvaniques. id.

Sommaire : Différentes espèces d'électricité, 1-9. — Batteries galvaniques ; circonstances avantageuses ou désavantageuses, 9-14. — Cause prochaine du galvanisme, 14-18. — Quantité et intensité, 18-24. — Différentes formes de batteries : couronne des Tasses, Wollaston, etc., 24-33. — Adhésion de l'hydrogène sur la plaque négative ; amalgame de la plaque positive, 34-38. — Batterie de Daniell, 38-45. — Batterie de Grove, 45-48. — Batterie de Smee, 48-56. — Comparaison entre les trois systèmes, 56-58. — Conclusion, 58.

CHAP. II. Des propriétés des batteries galvaniques. 30

Sommaire : Phénomènes des batteries en action, 59. — Galvanomètre d'Harris, 60. — De l'étincelle, 61. — Bouteille de Leyde chargée par l'électricité voltaïque, 62. — Effets physiologiques, 63. — Magnétisme, 64-68. — Galvanomètres, 68-70. — Aimant passager en forme de fer à cheval, 70-74. — Cellule de décomposition, voltamètres, pôles, 74-85. — Lois de la décomposition voltaïque, 85-87. — Table des équivalents chimiques, 87. — Liquide nécessaire pour la décomposition, 88. — Faculté conductrice du liquide employé à la décomposition, 89-90. — Intensité nécessaire pour la décomposition, 91. — Electrolysie; décomposition électro-chimique, 92-99. — Théorie de Daniell, 99-100. — Etat du liquide pendant la décomposition, 101. — Influence de la température du liquide, 102. — Formule de Ohm, 103.

LIVRE DEUXIÈME.

De l'électro-métallurgie. 47

CHAP. Ier. Des appareils employés pour la réduction des métaux. id.

Sommaire : L'électro-métallurgie exige la connaissance du galvanisme, 104. — Idée de l'électro-métallurgie suggérée par la pile de Daniell, 105. — Appareils à tubes poreux ou à simple cellule, 106-113. — Appareil à tube capillaire, 113. — Appareil à cloison de plâtre, 114. — Appareil de batteries composées, 115-117. — Appareil à simple batterie, 117-119. — Auge à précipiter, 119. — Simple cellule jointe à une batterie, 120. — Disposition de Mason, 121. — Maniement des appareils, 122-124. — Lignes qui se pro-

duisent sur le métal réduit, moyen de les éviter, 124. — Adhérence et non adhérence du métal réduit, avec son modèle, 125-128. — Adhérence apparente, 128. — Accroissement latéral du métal réduit, 129.

CHAP. II. Des substances capables de recevoir le dépôt métallique. 59

Sommaire : Substances sur lesquelles le dépôt métallique peut avoir lieu, 130-132. — Métaux, 132-136. — Substances non conductrices : cire à cacheter, cire blanche, 136-139. — Substances non conductrices absorbantes : papier, plâtre, 139-141. — Moyens de les rendre non absorbantes, 141-143. — Moyen de copier les substances non conductrices, par les métaux, par la plombagine, 143-145. — Comparaison des différentes méthodes, 145.

CHAP. III. Des lois qui président à la réduction des métaux. 73

Sommaire : Métaux qui peuvent être réduits par le courant galvanique, 146. — Etats différents sous lesquels ils sont réduits, 147. — Lois pour la réduction des métaux en poudre noire, 148. — Lois pour la réduction à l'état cristallin, 149. — Lois pour la réduction à l'état métallique pur, 150. — Causes des différences dans la réduction, 151-152. — Moyen de les produire, 153-159. — Moyen d'obtenir une poudre noire, 159. — Des cristaux, 160. — Un métal régulier, 161-165. — Mêmes résultats obtenus à l'aide d'une seule cellule, 165-166. — Temps nécessaire pour obtenir le dépôt métallique, 167.

CHAP. IV. De la réduction des métaux, de leurs combinaisons diverses. 80

Sommaire : Réduction de l'or, 168 ; — Du platine, 169 ; — Du palladium, 170. — Remarque générale, 171. — Réduction de l'argent ; de son nitrate, 172 ; — De son sulfure, 173 ; — De son acétate, 174 ; — De son hyposulfite, 175 ; — De son ammonio-nitrate, 176. — Réduction du nickel, 177. — Réduction du cuivre ; de son sulfate, 178-179 ; — De son nitrate, 179 *bis* ; — De son chlorure, 180 ; — De son acétate, 181 ; — De son ammoniure, 182. — Pôle positif en cuivre, 183. — Pôle négatif, 184. — Cuivre réduit, 185. — Bronzage, 186. — Réduction du zinc, 187. — Réduction du fer, 188. — Réduction du plomb, 189. — Réduction de l'étain, 190. — Conclusion, 191.

LIVRE TROISIÈME.

De la dorure, de l'argenture, du platinage, etc. 95

Sommaire : Instruction générale, 192. — Dorure galvanique, 193. — Appareil à une seule cellule, 194. — Appareil à batterie, 195. — De la dorure du cuivre, 196. — De la dorure au trempé, 197. — De la dorure par amalgame, 198. — Du platinage et du platinisage, 199. — Du palladiage, 200. — De l'argenture, 201. — Du nickelisage des métaux, 203. — Du cuivrage des métaux, 204. — Du cuivrage des corps non métalliques, 205. — Du cuivrage des médailles, 206 ; — Des fruits, des végétaux, 207 ; — Des corbeilles, 208 ; — De la poterie, 209. — Manière de recouvrir les métaux d'une couche de fer, de zinc, etc., 210. — Conclusion, 211.

LIVRE QUATRIÈME.

Des diverses applications de la réduction des métaux par le galvanisme. 107

CHAP. Ier. De la reproduction des monnaies et des médailles. id.

Sommaire : Importance de l'électro-métallurgie pour la numismatique, 212. — Moyen d'obtenir les moules, 213 ; — Directement par le courant voltaïque, 214 ; — Par l'intermédiaire du plomb, des alliages fusibles, etc., 215 ; — A l'aide des substances non conductrices, 216. — Reproductions métalliques en or, 217 ; — En argent, 218 ; — En platine, 219 ; — En cuivre, 220. — Précautions pour éviter les bulles d'air, 221. — Appareils à employer, 222. — Appareil à une seule cellule, 223. — Epaisseur du métal, 224. — Séparation de l'empreinte d'avec le moule, 225. — Importance de l'électro-métallurgie pour l'amateur de médailles, 226. — Autres avantages, 227. — Manière de faire des médailles parfaites, 228.

CHAP. II. Des moyens de copier les cachets, les sceaux, les empreintes en plâtre, etc. 115

Sommaire : Importance des cachets, 229. — Procédé pour copier un cachet, 230. — Moules en cuivre pris sur des médaillons en plâtre, 231. — Qualités du cuivre réduit, 232.

CHAP. III. De la reproduction des objets en airain et en laiton. 118

Sommaire : Procédé à suivre pour obtenir cette reproduction, 233.

CHAP. IV. De la manière d'obtenir des creux copiés sur des surfaces en relief. 119

Sommaire : Des copies de métal en creux, prises sur des surfaces en relief, 234. — Particularités concernant les creux pris sur du papier, 235.

CHAP. V. De la fabrication des moules obtenus sur des fruits, des végétaux, des légumes, etc. 120

Sommaire : Moyen d'obtenir des moules de végétaux, 236. — Méthode de Chantrey, 237.

CHAP. VI. De l'application de l'électro-métallurgie à l'art du fondeur. 121

Sommaire : Procédé que suit le fondeur pour obtenir un sujet en métal, 238. — Moyens employés par l'électro-métallurgiste dans le même but, 239. — Texture du cuivre, 240. — Remarques générales, 241. — Application de l'électro-métallurgie à l'orfèvrerie, 242 ; — A l'art du dentiste, à la chirurgie, à la minéralogie, 243.

LIVRE CINQUIÈME.

De l'électrotypie. 124

CHAP. Ier. De la reproduction des caractères d'imprimerie. id.

Sommaire : Manière d'imprimer les livres, 244. — De la stéréotypie, 245. — Des caractères électrotypiques, 246.

CHAP. II. De la reproduction des plaques en cuivre unies. 125

Sommaire : Manière de préparer les planches de cuivre unies, 247. — Planches électrotypiques, 248. — Procédé pour les obtenir, 249. — Manière de diriger la batterie, 250. — Auge à précipiter, 251. — Température, 252. — Pôle positif, 253. — Règles pour donner au cuivre telle ou telle texture, 254. — Appareils à une seule cellule, 255. — Temps qu'exige ce procédé, 256. — Enlèvement de la plaque, 257. — Manière de préparer la plaque pour l'usage des graveurs, 258. — Economie dans la fabrication, 259. — Prix d'une plaque, 260.

CHAP. III. De la reproduction des planches de cuivre gravées. 132

Sommaire : Planches de cuivre gravées, 261. — Dessins faits sur les planches, 262. — Des différentes espèces de gravures, 263. — Usages des planches gravées, 264. — Leur utilité pour l'art du potier en faïence, 265. — Leur utilité pour les imprimeurs sur étoffes, 266.

CHAP. IV. De la reproduction des planches en acier. 135

Sommaire : Procédé pour obtenir une planche en cuivre à l'aide d'une planche en acier, 267. — Procédé de Perkins, 268. — Parallèle des deux méthodes, 269.

CHAP. V. De la reproduction des planches gravées sur bois. 137

Sommaire : Dessins exécutés sur les planches en bois, 270. — Procédé, 271. — Conclusion, 272.

CHAP. VI. De la reproduction du daguerréotype. 138

Sommaire : Importance de l'électrotypie pour la daguerréotypie, 273. — Procédé pour reproduire le daguerréotype, 274.

LIVRE SIXIÈME.

De la gravure galvanique. 140

Sommaire : Action sur le pôle positif, 275. — Gravure à l'eau-forte, 276. — Défauts du mordant, 277. — Gravure par le galvanisme, 278. — Conditions propres à activer l'opération, 279. — Avantages que présente la reproduction des gravures à l'eau-forte par le galvanisme, 280. — Gradation des teintes, 281. — Remarques générales, 282. — Conclusion de l'ouvrage.

APPENDICE.

PREMIÈRE PARTIE.

Divers appareils électro-métallurgiques. — Moyens de les construire et de les faire fonctionner. — Procédés pour obtenir des moules et les rendre conducteurs. — Soudures, — décapage, — bronzage, — bains métalliques. — Procédés divers. 152

CHAP. Ier. *Des différentes piles galvaniques.* . . . 152

ARTICLE Ier. Appareils simples ou à effets directs. 152

§ 1er. Appareil très-simple de M. Solly. . 154
§ 2. Pile simple de M. Becquerel. . . . 156
§ 3. Appareil de M. Jacoby. 156
§ 4. Appareil de M. Spencer. 157
§ 5. Appareil du docteur Fau. 158
§ 6. Appareil de M. Beau. 160
§ 7. Pile de MM. Lenz et Jacoby. . . . 161
§ 8. Méthode du docteur Frankenstein pour la réduction des métaux par le simple contact. 162

ARTICLE II. Des appareils composés. 165

§ 1er. Des diverses piles à courant constant, par M. Ed. Becquerel. 166
§ 2. Perfectionnements apportés à la pile de Daniell. 171
§ 3. Piles de M. Barratt. 173
§ 4. Nouveau couple voltaïque et condensateur électro-chimique, par M. A. De la Rive, de Genève. 174
§ 5. Pile de M. Sorel. 178
§ 6. Pile de débris. 178
§ 7. Pile de Bunsen. 179
Fabrication des cylindres de charbon. 182
§ 8. Nouvelle pile du prince Bagration. . 183
§ 9. Sur les intensités des batteries galvaniques, par M. Joule. 185

CHAP. II. *De quelques accessoires des piles galvaniques.* 186
§ 1er. Des diaphragmes. 186
§ 2. De l'amalgame du zinc. 188
§ 3. Des anodes solubles. 189
§ 4. De l'acide sulfurique. 190
§ 5. Des auges à décomposition. 190
§ 6. Des soudures. 191
§ 7. Des vernis et enduits isolants. . . . 192
CHAP. III. *Des moules propres à recevoir le dépôt métallique.* 192
§ 1er. De quelques nouveaux mélanges plastiques, propres à faire des moules conducteurs de l'électricité. 193
§ 2. Du clichage. 193
Procédés de M. Walker. 193
Méthode de clichage de M. Boettger. 195
§ 3. Divers moyens de métalliser les moules non conducteurs. 196
Procédé de M. Fraser. 196
Application des poudres métalliques. . 196
Emploi des solutions métalliques pour métalliser les moules. 197
Moyen de métalliser les objets en verre que l'on veut recouvrir de métal. . . 199
CHAP. IV. *Du dérochage et du décapage des objets.* . 199
§ 1er. Du dérochage. 200
§ 2. Du décapage par la voie sèche. . . . 201
§ 3. Du décapage par la voie humide. . . 201
CHAP. V. *Du bronzage.* 202
§ 1er. Procédé par le chauffage. 203
§ 2. Bronzage à la sanguine et à la mine de plomb. 203
§ 3. Bronzage au peroxyde de fer. . . . 204
§ 4. Bronze chimique de M. Walker. . . 204
§ 5. Procédé du docteur Fau. 204
§ 6. Procédé de M. Rockline. 204
§ 7. Bronzage usité à la monnaie de Paris. 205
§ 8. Moyen de bronzer le cuivre au vert antique. 205

§ 9. Bronzage chinois. 205
CHAP. VI. *Des bains métalliques.* 206
§ 1er. Solution de cyanure de cuivre. . . 206
§ 2. Bains d'or. 207
§ 3. Bains d'argent. 210
§ 4. Bains de platine. 212
§ 5. Bain de nickel. 213
§ 6. Bains métalliques préparés au moyen de la pile, et réduction des alliages. . . 213

DEUXIÈME PARTIE.

APPLICATIONS ÉLECTRO - MÉTALLURGIQUES. 214
CHAP. I. *Copie des objets d'histoire naturelle, et en particulier des fossiles, par voie galvanique, par M. F. B. Jordan.* 214
CHAP. II. *Application de la Galvanoplastie à la fabrication des cadres, ornements et décorations, par M. Th. Spencer.* 215
CHAP. III. *Nouvelle application de la Galvanoplastie pour reproduire, dans le genre de la gravure au lavis, les peintures et les dessins, par M. le professeur de Kobell, de Munich.* 221
CHAP. IV. *Expériences sur la gravure galvanique et sur la Galvanoplastie en général, par Maximilien, duc de Leuchtenberg.* . 225
CHAP. V. *De la Galvanographie, par M. le professeur Fr. de Kobell.* 230
CHAP. VI. *Gravure à l'eau-forte sur acier, par voie galvanique, par M. Th. Spencer, de Liverpool.* 236
CHAP. VII. *De la dorure et de l'argenture électrochimiques.* 240
§ 1er. Examen des procédés de dorure de MM. Becquerel, De la Rive, Elsner, Boettger, Smee. 241
§ 2. Procédé nouveau pour la dorure sans mercure de l'argent, du cuivre, du laiton, du bronze, du maillechort, du

platine, de l'acier et de l'étain, et pour l'argenture de tous ces métaux et du fer, par M. H. de Ruolz, chimiste. . . . 244
§ 3. Rapport fait à l'Académie des sciences sur les nouveaux procédés introduits dans l'art du doreur, par MM. Elkington et de Ruolz. 251
§ 4. De l'application, aux arts, des propriétés électro-chimiques de l'or, par M. Becquerel, de l'Institut (Extrait). . . . 276
§ 5. De l'argenture galvanoplastique de l'acier, par M. A. Desbordeaux, de Caen. . . 289
§ 6. Des qualités essentielles de la dorure et de l'argenture électro-chimiques, et des moyens d'obtenir ces qualités. . . . 297
1° De l'adhérence. 298
2° De l'épaisseur. 301
3° De la couleur, du mat et du poli. . 301
4° De la mise en couleur, du poli et du bruni. 302
5° Soins particuliers à donner à chacun des métaux qui doivent être dorés ou argentés. 304
CHAP. VIII. *Précipitation galvanique de quelques alliages et des métaux, par M. H. de Ruolz.* 305
CHAP. IX. *De la réduction du laiton par voie galvanique, par M. H. Jacoby.* 308
Mémoire sur l'application électro-chimique des oxydes et des métaux sur des métaux, par M. Becquerel. . . . 312
§ 1er. De l'emploi de l'appareil à gaz oxygène, pour la formation de l'hydrate de peroxyde de plomb, et l'application des oxydes sur les métaux. 312
§ 2. De l'application électro-chimique des métaux sur les métaux. 322
Addition au précédent Mémoire. . . 328
Mémoire sur la coloration des métaux par M. Becquerel. 330
De la composition de la liqueur. . . . 335

De la préparation des surfaces 336
Du procédé de coloration. 338
Des différents ordres de coloration. . . 339
Des diverses dispositions à prendre pour donner des teintes uniformes ou variées aux surfaces. 340
De l'appareil décomposant. 346
De l'altération des couleurs et des moyens de la prévenir. 346
De la coloration des pièces en cuivre, platine, argent, maillechort, etc. . . . 348
Conclusion 351
De la précipitation des métaux par d'autres métaux, par M. Becquerel. 352
Considérations générales. 352
De la précipitation de leurs dissolutions au moyen du zinc de quelqnes-uns des métaux, considérés jusqu'ici comme irréductibles 355
Du dépôt avec adhérence des métaux sur d'autres métaux. 363
Des dépôts métalliques avec adhérence opérés par immersion, sans l'aide du contact métallique. 364
Des dépôts métalliques avec adhérence opérés par le contact du zinc. . . . 371
De l'intervention des courants plus ou moins intenses pour opérer les dépôts métalliques. 373
Conclusions. 375
Addition au mémoire sur la précipitation des métaux par d'autres métaux, par M. Becqnerel. — Sur l'argenture électrochimique. 377

FIN DE LA TABLE DE LA GALVANOPLASTIE.

TABLE DES MATIÈRES

DE LA DAGUERRÉOTYPIE.

AVERTISSEMENT. 385

LIVRE PREMIER.

Des modifications apportées à la chambre noire de M. Daguerre. 389

CHAP. I. Des modifications à la partie optique du Daguerréotype 389

CHAP. II. Des modifications à la partie mécanique du Daguerréotype. 400

LIVRE DEUXIÈME.

Des modifications apportées aux cinq opérations du procédé de M. Daguerre et aux appareils qui servent à ces opérations. 404

CHAP. I. Du choix des plaques et de leur polissage. 404

§ 1er. Procédé de MM. Belfied et Foucault. 410

§ 2. Polissage des plaques à l'essence de lavande, d'après MM. Daguerre et Foucault. 412

§ 3. Poli aux acides mélangés d'huile, par M. Daguerre. 413

§ 4. Nouveau mode de polissage de M. Claudet. 414

Conclusion. 417

CHAP. II. De l'iodage et des substances accélératrices. 418

ARTICLE Ier. De l'iodage. 418

ARTICLE II. Des substances accélératrices. . . 423

SECTION Ire. Du chlore et de ses combinaisons. 428

§ 1er. Du chlorure d'iode 428

§ 2. Du chlore étendu d'air. 430

§ 3. De l'acide chloreux. 431

§ 4. Du chloro-brômure d'iode. 431

SECTION II. Du brôme et de ses combinaisons. 435

§ 5. De l'eau brômée. 435

Méthode de M. Fizeau 438

Idem de M. Foucault. 439

Manière d'employer l'eau brômée, — cuvettes à brôme, — procédé de M. Middleton. 440
§ 6. Formules de brômure d'iode communiquées par M. Claudet. . . . 443
§ 7. Préparation d'un brômure d'iode à effets constants, par E. de Valicourt. 446
§ 8. Du brômure iodeux et de son emploi dans la préparation des plaques daguerriennes, par M. Ed. Fortin. 450
SECTION III. Des substances accélératrices employées à l'état de vapeurs. . 451
§ 9. Notes de MM. Choiselat et Ratel sur l'emploi du brômoforme 452
§ 10. De l'emploi de l'acide chloreux comme substance accélératrice, par M. Belfied-Lefèvre. 464
§ 11. Emploi de la vapeur de brôme, par le docteur Fau. 466
§ 12. De la vapeur de brômure d'iode. . . 467
§ 13. Appareil régulateur de M. le lieutenant-colonel Bequet. 467
CHAP. III. De l'exposition à la chambre obscure. . 468
CHAP. IV. De l'exposition au mercure et des verres continuateurs. 475
CHAP. V. Du lavage et du fixage des épreuves. . . 477
ARTICLE Ier. Du lavage à l'hyposulfite. . . . 477
Préparation de l'hyposulfite. . . 479
ARTICLE II. Du fixage au chlorure d'or. . . 480
Liqueur d'or employée en photographie, par MM. Fordos et Gélis. 483
Préparation du chlorure d'or. . 485
CHAP. VI. Du coloriage des épreuves. 488
CHAP. VII. De l'encadrement des images photographiques. 489

LIVRE TROISIÈME.

DES PORTRAITS.

CHAP. I. Historique des portraits photographiques. 490
CHAP. II. Des règles photographiques que l'on doit suivre pour faire les portraits. . . . 495

CHAP. III. Conseils artistiques pour la bonne exécution des portraits. 498

LIVRE QUATRIÈME.

CHAP. I. Des papiers photogéniques. 501
§ 1er. Préparation et usage du papier calotype, de M. Talbot. 501
§ 2. Perfectionnements aux procédés photographiques, par W. H. F. Talbot. 506
§ 3. Procédé ferro-cyanotype, de M. Hunt. 508
§ 4. Procédé chromatype, de M. Hunt. . 510
§ 5 Papiers chromo-cyanotype et énergiatype, de M. Hunt. 511
§ 6. Addition au procédé énergiatype, et papier photogénique de M. Grove. 515
§ 7. Autre papier photogénique, de M. Hunt. 516
§ 8. Papier chrysotype, de M. Herschell. . 516
§ 9. Papier photogénique, dit amphitype, de M. Herschell. 517
§ 10. Papier photogéniqne, de M. Bayard. 521
CHAP. II. Mélanges photographiques. 521
§ 1er. Des images de Moser. 521
§ 2. Description du photographe à verres combinés, inventé par M. Charles Chevalier. 527
§ 3. Copie des gravures et dessins par le simple contact et sans le secours de la chambre noire. 531
§ 4. Reproduction galvanique des épreuves daguerriennes, par M. Charles Chevalier. 532
§ 5. Dorure par la pile des images photographiques 537
§ 6. De la gravure photographique. — Procédé de M. Fizeau. 538
§ 7. Application de la photographie aux instruments autres que la chambre noire. 544
Description des figures de la galvanoplastie. . . . 548
Explication des figures de la daguerréotypie. . . . 551

BAR-SUR-SEINE. — IMP. DE SAILLARD.

Digitized by Google